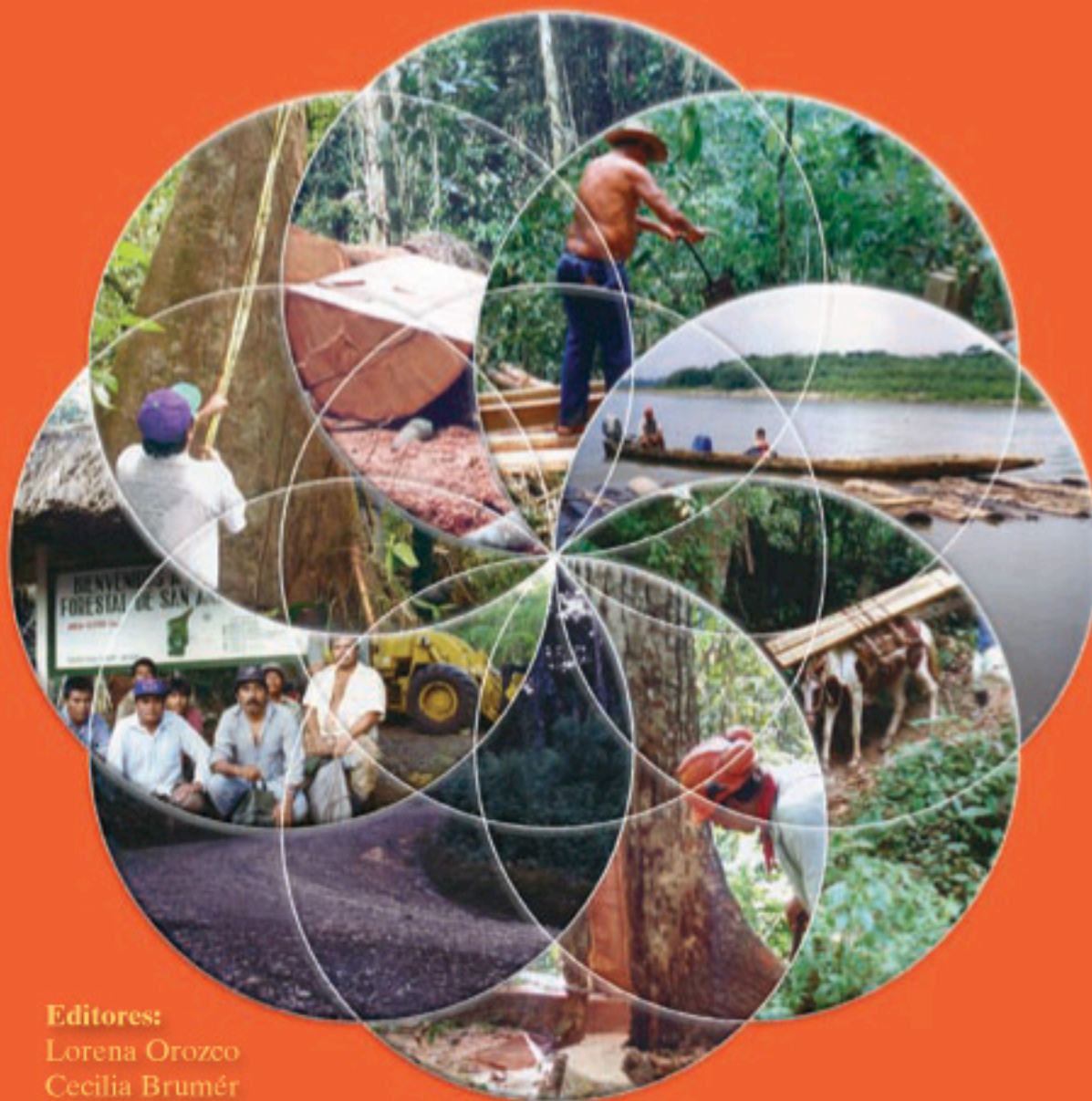


APROVECHAMIENTO DE IMPACTO REDUCIDO EN BOSQUES LATIFOLIADOS HÚMEDOS TROPICALES



Editores:
Lorena Orozco
Cecilia Brumér
David Quirós



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



CATIE
Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza

APROVECHAMIENTO DE IMPACTO REDUCIDO EN BOSQUES LATIFOLIADOS HÚMEDOS TROPICALES

Editores:

Lorena Orozco
Cecilia Brumér
David Quirós

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros regulares son: el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Venezuela. El presupuesto básico del CATIE se nutre de generosas aportaciones anuales de estos miembros.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 2006

ISBN 9977-57-418-9

634.92

A654 Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales / eds. Lorena Orozco, Cecilia Brumér, David Quirós. -- Turrialba, C.R. : CATIE, 2006.

442 p. 27 cm. – (Serie técnica. Manual técnico / CATIE; no. 63)

ISBN 9977-57-418-9

1. Aprovechamiento forestal – Trópico húmedo 2. Bosques latifoliados – Trópico húmedo I. Orozco, Lorena, ed. II. Brumér, Cecilia, ed. III. Quirós, David, ed. IV. Título V. Serie

Créditos

Producción general

Lorena Orozco Vílchez

Corrección de estilo

Elizabeth Mora Lobo

Fotos portadas de los capítulos

Capítulo 1: Geoffrey Venegas

Capítulo 4: CATIE

Capítulo 5: Geoffrey Venegas

Capítulo 6: FUNDECOR

Capítulo 7: Geoffrey Venegas/Bastiaan Louman

Capítulo 8: David Quirós

Capítulo 9: Geoffrey Venegas

Capítulo 11: Geoffrey Venegas/Hans Tanner

Capítulo 12: CATIE

Capítulo 13: Sara Yalle

Contenido

Lista de autores	ix
Agradecimientos	x
Presentación	xi
 Capítulo 1 Contexto actual del aprovechamiento forestal en América Central	1
<i>Fernando Carrera, Bastiaan Louman, Sergio Jiménez</i>	
1.1 Introducción	3
1.2 Contexto biofísico	4
1.2.1 Tipos de bosques	5
1.2.2 Clima	10
1.2.3 Topografía y acceso	11
1.2.4 Especies y tamaño aprovechables	12
1.3 Contexto económico social	13
1.3.1 Principales actores	13
1.3.2 Producción y comercio	18
1.3.3 Certificación forestal	19
1.4 Contexto político legal	21
1.4.1 Política, leyes y reglamentos	21
1.4.2 Extracción ilegal	22
1.5 Características del aprovechamiento convencional	23
1.6 Tendencias del aprovechamiento de impacto reducido	25
1.7 Bibliografía	27
 Capítulo 2 Sistemas de aprovechamiento forestal	29
<i>Bastiaan Louman, Alejandro Meza, David Quirós, Fernando Carrera</i>	
2.1 Introducción	31
2.2 Sistema de aprovechamiento forestal	31
2.2.1 El aprovechamiento como un sistema dentro del ciclo de carbono	35
2.3 Sistemas abierto y cerrados	36
2.4 Variabilidad de los sistemas de aprovechamiento	37
2.5 Objetivos del sistema	39
2.6 Etapas del sistema de aprovechamiento	41
2.6.1 Planificación	41
2.6.2 Planificación y construcción de la red vial	42
2.6.3 Tala dirigida, desrame y descope	42
2.6.4 Transporte menor	43
2.6.5 Troceo	43
2.6.6 Carga	44
2.6.7 Transporte mayor	44
2.6.8 Capacitación	44
2.6.9 Monitoreo	45
2.7 Ejemplo de una definición del sistema de aprovechamiento	45
2.8 Bibliografía	47

Capítulo 3 Planificación del aprovechamiento forestal	49
<i>Bastiaan Louman, Alejandro Meza, David Quirós, Fernando Carrera</i>	
3.1 Consideraciones iniciales para la planificación de la producción	51
3.2 La relación manejo – aprovechamiento	54
3.2.1 El volumen de corta anual permisible	55
3.2.2 El sistema de aprovechamiento	56
3.2.3 Criterios de selección de los árboles que se van a cortar o a dejar	58
3.2.4 Medidas para la mitigación del impacto	59
3.2.5 Periodo y sitio de aprovechamiento	60
3.3 Recursos: el problema principal	61
3.4 Pasos de la planificación	64
3.4.1 Definición de las metas anuales	65
3.4.2 Establecimiento de la base de datos	66
3.4.3 Identificación y selección de alternativas	75
3.4.4 Descripción detallada de actividades	81
3.5 Presentación y uso del plan	82
3.6 Mecanismos de retroalimentación	84
3.7 Problemas comunes en la planificación del aprovechamiento	85
3.8 Bibliografía	86
Capítulo 4 Planificación y construcción de caminos forestales	89
<i>Fernando Carrera, Bastiaan Louman, German López</i>	
4.1 Introducción	91
4.2 Clasificación de caminos forestales	92
4.2.1 Red vial principal	92
4.2.2 Red vial secundaria	93
4.3 Requisitos básicos para la construcción de caminos de impacto reducido	94
4.4 Planificación de la red vial	101
4.4.1 Caminos primarios	101
4.4.2 Caminos secundarios	103
4.4.3 Vías de arrastre	104
4.5 Construcción de caminos	108
4.5.1 Despeje de la vegetación	109
4.5.2 Movimiento de tierra	110
4.5.3 Obras de drenaje	112
4.5.4 Distribución de la carpeta de rodado	113
4.5.5 Compactación	113
4.6 Mantenimiento	114
4.7 Efectos ambientales de la construcción de la red vial	115
4.8 Consecuencias de la falta de planificación de la red vial	116
4.9 Bibliografía	117
Capítulo 5 Tala dirigida	119
<i>Geoffrey Venegas, Fernando Carrera</i>	
5.1 Introducción	121
5.2 Reglas generales de la tala dirigida	122
5.2.1 Evaluación del árbol a talar	122
5.2.2 Determinación de la dirección de caída	123
5.2.3 Definición del método de corte	125
5.3 Métodos de corte	126
5.3.1 Método de corte normal	127
5.3.2 Método de corte de punta	128
5.3.3 Método de boca ancha	128
5.3.4 Método de boca profunda	130
5.3.5 Método para árboles podridos	131
5.3.6 Método para árboles atascados	132
5.3.7 Método para árboles con gambas	134

5.4 Preparación de productos	135
5.4.1 Limpieza del fuste	135
5.4.2 Desbote	136
5.4.3 Evaluación	136
5.4.4 Descope y desrame	136
5.4.5 Troceo	137
5.5 Tipos de cortes para el troceo	138
5.5.1 Corte de troceo vertical simple	139
5.5.2 Corte de troceo circular	139
5.5.3 Corte de troceo de media luna	140
5.5.4 Corte de troceo tipo prensa	141
5.5.5 Troceo de fustes gruesos	141
5.6 Uso de cuñas	142
5.6.1 Uso de cuñas en la tala	143
5.6.2 Uso de cuñas en el troceo	146
5.6.3 Diseño de cuñas	146
5.7 El tecle y los cables como herramienta para el aprovechamiento forestal	148
5.7.1 Uso de tecle y cables durante la tala	148
5.7.2 Uso de tecle y cables forestales en el manipuleo de trozas	150
5.8 Seguridad laboral y capacitación	151
5.8.1 Medidas de precaución	151
5.8.2 Necesidades de capacitación	153
5.8.3 Contenido mínimo de una capacitación en tala dirigida	155
5.8.4 Comentarios de personas que recibieron capacitación	157
5.9 Bibliografía	158
Capítulo 6 Las operaciones de saca	159
<i>Bastiaan Louman, David Quirós, Marvin Castillo, Fernando Carrera</i>	
6.1 Introducción	161
6.1.1 Definición	161
6.1.2 Importancia de las operaciones	162
6.2 Factores a considerar en la selección del método de saca	163
6.2.1 Recursos disponibles	164
6.2.2 Tamaño del producto	167
6.2.3 Producción requerida	168
6.2.4 Volumen por hectárea	169
6.2.5 Estabilidad de la operación	169
6.2.6 Condiciones del sitio	170
6.3 Organización de las operaciones de saca	171
6.3.1 Extracción en una fase	174
6.3.2 Extracción en dos o más fases	174
6.3.3 Usos de cable o wincheo	175
6.4 Métodos utilizados en América Central	176
6.4.1 Métodos mecanizados	176
6.4.2 Métodos no mecanizados	182
6.4.3 Otros métodos potenciales	190
6.5 Bibliografía	192

Capítulo 7 Transporte mayor	195
<i>Fernando Carrera, Bastiaan Louman</i>	
7.1 Introducción	197
7.2 Selección del modo de transporte	197
7.2.1 Costo	198
7.2.2 Impacto ambiental	200
7.2.3 Producto	201
7.2.4 El transporte y la ubicación de plantas procesadoras	201
7.3 Transporte terrestre	202
7.3.1 Operación de carga	204
7.3.2 Operación de transporte	209
7.3.3 Operación de descarga	211
7.4 Transporte fluvial	212
7.5 Bibliografía	213
Capítulo 8 Actividades complementarias al aprovechamiento	215
<i>David Quirós, Bastiaan Louman, Alejandro Meza, José Joaquín Membreño</i>	
8.1 Introducción	217
8.2 Aprovechamiento y manejo de residuos de madera	217
8.2.1 Residuos sin uso directo	218
8.2.2 Residuos con potencial de uso directo	218
8.3 Restauración de patios de acopio y carga	223
8.4 Cierre de pistas	223
8.5 Limpieza de cauces	224
8.6 Manejo de desechos no orgánicos	224
8.7 Monitoreo y evaluación del aprovechamiento	225
8.8 La silvicultura	226
8.9 Bibliografía	227
Capítulo 9 Aserrío <i>in situ</i>	229
<i>David Quirós, Geoffrey Venegas, Víctor Zúñiga</i>	
9.1 Introducción	231
9.2 Factores que inciden en el aserrío como motosierra con marco	232
9.2.1 Factores técnico – operacionales	232
9.2.2 Factores socioeconómicos	232
9.2.3 Factores políticos y administrativos	234
9.2.4 Factores ecológicos	234
9.3 Aserrío <i>in situ</i> utilizando motosierra y marco	234
9.3.1 Equipo básico para el aserrío	235
9.3.2 El proceso de aserrío	238
9.3.3 Tipos de cortes del aserrío	244
9.3.4 Recomendaciones sobre aspectos operativos	249
9.4 Apilado y secado	252
9.4.1 Formas de apilado de la madera en el lugar del aserrío	252
9.4.2 Secado de la madera al aire en el lugar de aserrío	256
9.4.3 Defectos de secado	258
9.5 Cubicación, rendimiento, equivalencias, clasificación y almacenamiento	259
9.5.1 Cubicación de la madera	259
9.5.2 Obtención del rendimiento volumétrico	266
9.5.3 Equivalencias entre unidades volumétricas de madera aserrada y relaciones proporcionales	267
9.5.4 Clasificación y almacenamiento de la madera	268
9.6 Control de la producción	269
9.7 Bibliografía	275

Capítulo 10 Determinación de costos, productividad y rendimientos del aprovechamiento forestal 277

Bastiaan Louman, Manuel Gómez, Guillermo A. Navarro

10.1	Introducción	279
10.2	Importancia de la determinación de costos y beneficios	280
10.3	Estructura de los costos e ingresos	281
10.3.1	Productividad y rendimiento	281
10.3.2	Costos fijos y costos variables	282
10.3.3	Costos e ingresos en efectivo y no efectivo	286
10.4	Análisis financiero del aprovechamiento	287
10.5	Factores que influyen en el aprovechamiento y forma de analizarlos para la toma de decisiones	293
10.6	Métodos de recolección de información	296
10.6.1	Estudio de tiempos y movimientos	300
10.6.2	Estudio de faenas	305
10.6.3	Recuperación de información	306
10.6.4	Estudio de rendimientos	307
10.7	Bibliografía	311

Capítulo 11 Condiciones laborales en el aprovechamiento forestal 313

Cecilia Brumér, Bastiaan Louman, David Quirós

11.1	Introducción	315
11.1.1	Ergonomía forestal	316
11.1.2	La certificación forestal y los aspectos laborales	317
11.1.3	Códigos y convenciones	320
11.2	Salud y condiciones de vida y laborales	321
11.2.1	Alimentación	322
11.2.2	Agua	324
11.2.3	Campamento	324
11.2.4	Clima	326
11.2.5	Jornada de trabajo	327
11.2.6	Sobrecarga física y posiciones de trabajo	328
11.2.7	Ruido y vibración	329
11.2.8	Sobrecarga mental	331
11.2.9	Otros factores que afectan la salud	332
11.3	Seguridad laboral	334
11.3.1	Tipos de accidentes	335
11.3.2	Causas de accidentes	335
11.3.3	Consecuencias de los accidentes	337
11.3.4	Medidas para la prevención de accidentes y control	337
11.3.5	Derechos laborales	341
11.4	Capacitación	342
11.4.1	Temas de capacitación en el aprovechamiento de impacto reducido	343
11.4.2	Capacitación ¿A quién? y ¿cómo?	343
11.5	Organización	350
11.5.1	La organización óptima	350
11.6	Motivación	352
11.6.1	Motivación monetaria	353
11.6.2	Motivación no monetaria	354
11.7	Comunicación pública	354
11.8	Comentarios finales	356
11.9	Bibliografía	357

Capítulo 12 Impacto ambiental del aprovechamiento	361
<i>Bastiaan Louman</i>	
12.1 Introducción	363
12.2 Cambios en el microclima y en el ciclo hídrico	364
12.2.1 Microclima	364
12.2.2 Ciclo hídrico	364
12.2.3 Efectos sobre la cantidad de agua	365
12.2.4 Efectos sobre la calidad de agua	367
12.3 Cambios en el suelo, en el ciclo de nutrimentos y efectos del aprovechamiento	368
12.3.1 Suelos	369
12.3.2 El ciclo de nutrimentos	370
12.3.3 Efectos del aprovechamiento en el ciclo de nutrimentos	371
12.3.4 Aprovechamiento y ciclo de carbono	372
12.4 Cambios en la vegetación	374
12.4.1 Efectos del aprovechamiento en los árboles remanentes	377
12.4.2 Remoción del dosel	380
12.4.3 Efectos del aprovechamiento en los productos no maderables	382
12.4.4 Madera muerta	382
12.5 Cambios en las poblaciones de la fauna	384
12.5.1 Efectos directos	384
12.5.2 Efectos indirectos	384
12.6 Mitigación de impactos	386
12.6.1 Mitigación de impacto en los claros	387
12.6.2 Red vial	388
12.6.3 Arrastre	389
12.6.4 Protección del recurso hídrico	389
12.7 Los estándares de manejo forestal y la reducción de impactos	390
12.8 Bibliografía	394
Capítulo 13 Seguimiento y evaluación del aprovechamiento	399
<i>Bastiaan Louman</i>	
13.1 Introducción	401
13.2 El marco de seguimiento y evaluación	402
13.2.1 Monitoreo estatal	403
13.2.2 Monitoreo de la sostenibilidad	404
13.2.3 Monitoreo interno	413
13.3 Aspectos a monitorear en el contexto de AIR	418
13.3.1 Medición del cumplimiento de las metas	420
13.3.2 Medición de procesos que mantienen o forman la biodiversidad	421
13.3.3 Seguimiento a las intervenciones humanas	421
13.3.4 Monitoreo investigativo	423
13.4 El monitoreo como parte del sistema de aprovechamiento	423
13.4.1 Pasos para desarrollar un sistema de monitoreo del aprovechamiento	424
13.5 Bibliografía	433
Anexo	435
Anexo 3.1 Formato del Plan Operativo Anual de Aprovechamiento (POAa)	437
Participantes en el V Intercambio	442

Lista de autores

Bastiaan Louman

M.Sc.
Investigador Asociado
Cátedra Latinoamericana de Manejo
Diversificado, CATIE
Actualmente:
Director Técnico CEDEFOR
World Wildlife Fund – Program Office Perú
Trinidad Morán 853
Lince, Lima, Perú
bastiaan@wwfperu.org.pe

Fernando Carrera

M. Sc. Manejo de Bosques Naturales
Departamento de Recursos Naturales y
Ambiente
CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica, América
Central
fcarrera@catie.ac.cr

David Quirós Molina

Ing. Forestal
Departamento de Recursos Naturales y
Ambiente
CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica, América
Central
dquiros@catie.ac.cr

Geoffrey Venegas

Ing. Forestal
Departamento de Recursos Naturales y
Ambiente
CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica, América
Central
gvenegas@catie.ac.cr

Cecilia Brumér

Home Office Coordinator
ORGUT Consulting AB
Svartmangatan 9
SE-111 29 Stockholm
SWEDEN
cecilia.brumer@orgut.se

Alejandro Meza

Ing. Forestal y M.Sc. en Administración de
Empresas
Profesor-Investigador Instituto Tecnológico de
Costa Rica
Apartado 159-7050. Cartago, Costa Rica
almeza@itcr.ac.cr
almeza@ambientetierra.com

Víctor Hugo Zúñiga Aguilar

Ing. en Maderas
vizu@costarricense.cr

Manuel Gómez

M.Sc.
Especialista en Gestión de Proyectos
Dirección de Proyección Externa
CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica,
América Central
mgomez@catie.ac.cr

Guillermo Navarro

Dr.
Especialista en economía forestal
Departamento de Recursos Naturales y
Ambiente
CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica,
América Central
gnavarro@catie.ac.cr

Marvin Castillo

Lic. Silvicultura de Bosques
Instituto Tecnológico de Costa Rica
mcastillo@itcr.ac.cr

Sergio Jiménez

Ing. Forestal
Universidad Nacional Autónoma, Costa Rica

German López

Universidad de la Costa Caribe de
Nicaragua
La RAAN, Puerto Cabezas, Nicaragua

José Joaquín Membreño

Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
Km 12 1/2 C Norte
Managua, Nicaragua

Agradecimientos

Queremos dejar constancia de nuestro más sincero agradecimiento

A la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE) por el apoyo brindado al proceso de intercambios de docentes de universidades de América Central. Este Programa ha permitido la publicación de una serie de textos didácticos que ha traspasado las fronteras centroamericanas.

A la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (ITTO, por sus siglas en inglés), al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) por medio del Programa ATN/ME-7953-RC Mejoramiento de la Competitividad de Pequeñas y Medianas Empresas Forestales, y a la Oficina de Programas del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) en Perú, por el financiamiento otorgado para la publicación de este documento.

A las autoridades de la Universidad de la Región Autónoma de la Costa Caribe de Nicaragua (URACCAN) por haber co-organizado y dispuesto sus instalaciones para la celebración del V Intercambio de Profesores de Facultades Forestales en América Central. La URACCAN también proporcionó el alojamiento, la alimentación y el transporte local a los participantes del Intercambio.

A las autoridades del Centro Universitario del Petén (CUDEP), Guatemala; al Centro Universitario del Atlántico Norte (CURLA) y la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) de Honduras; a la Universidad Nacional Agraria (UNA), a la Universidad de la Costa Caribe de Nicaragua (CIUM-BICU) y URACCAN, Nicaragua; al Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y a la Universidad Nacional Autónoma, Costa Rica; a la Universidad de Panamá (UP), por haber permitido la participación y brindar el apoyo financiero de los docentes participantes.

A los proyectos CATIE/CONAP-USAID (Guatemala) y PROCAFOR/FINNIDA (Honduras) por el apoyo financiero que hizo posible la participación de varios de los docentes.

A los docentes participantes por su dedicación, esfuerzo y aportes al proceso de intercambios y del documento: Mario Rodríguez (CUDEP), German López (CIUM-BICU), Pompilio Rodríguez (CURLA), Nelson Doblado (ESNACIFOR), Juan José Membreño (UNA-Nicaragua), Alejandro Meza y Marvin Castillo (ITCR), Sergio Jiménez (UNA-Costa Rica), Ovidio Novoa (UP).

Presentación

Entre 1998 y 2002, el Proyecto CATIE/TRANSFORMA, financiado por la Cooperación Suiza al Desarrollo (COSUDE), cooperó con nueve universidades centroamericanas (CUDEP – Guatemala; CURLA y ESNACIFOR – Honduras; UNA, URACCAN y CIUM-BICU – Nicaragua; ITCR y UNA – Costa Rica; y UP – Panamá) en la realización de una serie de intercambios entre profesores para compartir y documentar experiencias, con el siguiente objetivo general:

Uniformizar la formación de profesionales en el campo del manejo de bosques latifoliados tropicales en América Central.

Durante ese periodo se realizaron seis intercambios, de los cuales, los últimos cuatro se dedicaron al desarrollo de textos didácticos sobre temas particulares, que sirvieran en la enseñanza en todas las universidades de la región centroamericana, e inclusive en América Tropical. Los tres primeros productos de este proceso fueron los textos didácticos:

- “*Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*”
- “*Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*”
- “*Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados en América Tropical*”

Dichos textos fueron publicados en 2001, 2002 y 2004 respectivamente. El presente texto (*Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales*) es el cuarto y último de este proceso de intercambios. Esta publicación ha sido posible gracias al financiamiento generoso de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (ITTO, por sus siglas en inglés) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF-Perú).

Como se ha señalado en los números anteriores, hay un creciente número de experiencias en América Tropical que buscan lograr un manejo sostenible de los bosques tropicales con la participación de comunidades campesinas e indígenas y empresas forestales. Sin duda, desde la perspectiva de la sostenibilidad, las técnicas de aprovechamiento juegan un rol central en el éxito de estas iniciativas de manejo forestal. Afortunadamente, en los últimos 20 años los forestales de muchos países han contribuido a un mejoramiento considerable de las técnicas de aprovechamiento en bosques tropicales y a la disminución de los impactos de estas operaciones.

Los participantes en el proceso de *Intercambios de Docentes en América Central* eligieron este tema para el quinto intercambio (y cuarto manual didáctico), en reconocimiento de la gran importancia de las operaciones reseñadas y la existencia de experiencias exitosas en muchos países de la región (incluyendo trabajos de investigación y la aplicación de criterios e indicadores de manejo). Este manual cubre una gran gama de temas específicos que son de interés para profesionales con responsabilidad en la planificación y ejecución de actividades de aprovechamiento en bosques tropicales:

- Contexto actual del aprovechamiento forestal en América Central
- Sistemas de aprovechamiento forestal
- Planificación del aprovechamiento forestal
- Planificación y construcción de caminos forestales

- Tala dirigida
- Las operaciones de saca
- Transporte mayor
- Actividades complementarias al aprovechamiento
- Aserrío *in situ*
- Determinación de costos, productividad y rendimientos del aprovechamiento forestal
- Condiciones laborales en el aprovechamiento forestal
- Impacto ambiental del aprovechamiento
- Seguimiento y evaluación del aprovechamiento

En el desarrollo de los temas incluidos en esta obra contamos con la participación de 12 especialistas como autores de capítulos y secciones específicas. La mayoría de los autores son personas muy reconocidas en el campo forestal en América Tropical, con una larga trayectoria en el manejo de bosques tropicales en todas sus dimensiones (planificación, ejecución y monitoreo de actividades de aprovechamiento de impacto reducido). Aparte de los autores principales, los M.Sc. Bastiaan Louman, Fernando Carrera y el Ing. David Quirós, se contó con una participación muy significativa del M.Sc. Alejandro Meza (autor principal de un capítulo y segundo autor de otro), del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR); de la M.Sc. Cecile Brumér (experta asociada de ASDI); y contribuciones importantes del Ing. Víctor Hugo Zúñiga (CUSO-CATIE), del M.Sc. Manuel Gómez y el Dr. Guillermo Navarro del CATIE; el Ing. Marvin Castillo (ITCR); el Ing. Sergio Jiménez de la UNA, Costa Rica y el M.Sc. Germán López (CIUM-BICU). Además, el texto se ha beneficiado con insumos de varios docentes de los centros de enseñanza señalados. Al inicio de cada capítulo se indican los coautores.

Quisiera reconocer en forma especial a uno de los coautores principales de esta obra: el Ing. Geoffrey Venegas (primer autor de un capítulo y segundo autor de otro), quien ha dedicado gran parte de su vida profesional al trabajo conjunto con obreros forestales en muchos países, para enseñarles las técnicas de aprovechamiento de impacto reducido. El Ing. Venegas no solo ha buscado reducir el impacto ambiental de las operaciones de aprovechamiento forestal, sino que también ha luchado para que estas operaciones se realicen con mayor seguridad. Gracias a la dedicación del Ing. Venegas se ha formado un buen número de obreros forestales capaces de dirigir actividades de capacitación en este campo en sus respectivos países. En particular, quisiera mencionar a los Sres. Oscar Araya y Álvaro Abarca de la comunidad de Villa Mills, Costa Rica, quienes prestaron sus servicios como capacitadores a muchos grupos comunitarios durante la implementación del Proyecto TRANSFORMA.

Es importante destacar el trabajo en revisión técnica y tratamiento pedagógico gracias al cual el documento es atractivo y fácil de consultar y utilizar como texto para la enseñanza. Como en los otros textos didácticos, se han incluido conceptos importantes al margen de cada página y se ha enriquecido con una cantidad considerable de figuras, cuadros, ejemplos de formularios, dibujos y fotografías.



Glenn Galloway
Director Escuela de Posgrado
CATIE

Capítulo 1



Contexto actual del aprovechamiento forestal en América Central

- 1.1 Introducción
- 1.2 Contexto biofísico
 - 1.2.1 Tipos de bosques
 - 1.2.2 Clima
 - 1.2.3 Topografía y acceso
 - 1.2.4 Especies y tamaños aprovechables
- 1.3 Contexto económico social
 - 1.3.1 Principales actores
 - 1.3.2 Producción y comercio
 - 1.3.3 Certificación forestal
- 1.4 Contexto político legal
 - 1.4.1 Políticas, leyes y reglamentos
 - 1.4.2 Extracción ilegal
- 1.5 Características del aprovechamiento convencional
- 1.6 Tendencias del aprovechamiento de impacto reducido
- 1.7 Bibliografía

Fernando Carrera
Bastiaan Louman
Sergio Jiménez

El aprovechamiento forestal con criterios de sostenibilidad ahora está siendo visto como una alternativa que busca conciliar desarrollo y conservación.



1.1 Introducción

A pesar de que hay evidencias de la utilización de maderas tropicales en América antes de la llegada de los españoles, como es el caso del chicosapote (*Manilkara sapota*) en los templos mayas, y caoba (*Swietenia macrophylla*) para la construcción de canoas (cayucos y pipantes) en todo América Central, la historia del aprovechamiento forestal en la región se inicia con la explotación de ‘logwood’ (*Haematoxylon campechianum*) como fuente de colorante y caoba para la construcción de barcos para la colonia española durante el siglo XVII (Dawkins y Philip 1998, Calvo 2000). En los siglos siguientes caoba fue particularmente muy cotizada; su bajo peso específico que le facilita flotar, permitió que se extrajeran los árboles cercanos a los ríos aprovechando la red hidrográfica.

El método de extracción por río continuó siendo utilizado por varios siglos, aunque ya a partir de 1805 se empezaron a usar bueyes para ampliar el área de extracción, alejándose hasta 2 - 3 km de los ríos (Holdridge *et al.* 1950, Lamb 1966). No fue sino hasta 1920 que la introducción de tractores le dio una nueva dinámica al proceso. Durante muchas décadas, el aprovechamiento forestal en América Central se circunscribió a los mejores ejemplares de caoba y cedro (*Cedrela odorata*). Los bajos precios de las otras especies no compensaban los costos de extracción, por lo que no fueron explotadas.

En repetidas ocasiones se ha culpado a la extracción maderera de ser la causante de la desaparición de los bosques, dado que los caminos abiertos por los maderos han sido verdaderos vectores de inmigración de campesinos sin tierra, motivando el avance de la frontera agrícola. La importancia de la apertura de caminos en la aceleración de la deforestación ha sido ampliamente demostrada, al igual que el papel de la extracción maderera convencional (Kaimowitz y Angelsen 1998) y el papel del aprovechamiento en la degradación de los bosques (ver también Capítulo 12).

Sin embargo, no se puede culpar del todo a los madereros, ya que durante las décadas de 1960 y 1970 los gobiernos en Latinoamérica fomentaron la llamada “*revolución verde*”, enfocada en la conversión de bosques a áreas agrícolas. En ese entonces, había que demostrar ‘mejoras’ para tener acceso a títulos de propiedad y evitar la expropiación de la tierra por parte del Estado; estas ‘mejoras’ no eran otra cosa que la quema, tala y roza de los bosques. Los ciclos agro-exportadores, con los que se han favorecido actividades como la ganadería extensiva, producción cafetalera, enclaves bananeros, plantaciones de palma africana y cítricos, entre otros, son parte de los procesos que han contribuido a acelerar las tasas de deforestación en las últimas décadas (CCAD 1998). Las áreas boscosas situadas en las mejores tierras de la región fueron desplazadas por la expansión agrícola y ganadera, y los bosques que quedan se encuentran en zonas alejadas, de mayor pobreza y con el menor desarrollo de infraestructura, lo que las hace poco accesibles.

Esta situación de destrucción acelerada del medio ambiente motivó que en 1983, la Asamblea General de las Naciones Unidas creara la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, la cual organizó la Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, 1992) y otra serie de acuerdos internacionales sobre los bosques. Como consecuencia de estas acciones, se están dando importantes cambios que denotan una creciente preocupación por los valores ambientales, sociales y culturales de los bosques.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

El manejo forestal –el cual incluye el aprovechamiento forestal con criterios de sostenibilidad– ahora está siendo visto como una alternativa que busca conciliar desarrollo y conservación. La idea tras el manejo es que los propietarios valoren los bosques para motivar su conservación ante otros usos no sostenibles del suelo. Las vedas forestales no han surtido el efecto esperado como freno a la deforestación; por el contrario, en algunos casos parecen haber incentivado aún más la tala, pues los bosques dejaban de tener valor y se favorecía el cambio de uso de la tierra. La conservación mediante el manejo sostenido surge, entonces, como una alternativa promisorio para contrarrestar la deforestación y generar recursos económicos a los propietarios de los bosques.

A pesar de las nuevas iniciativas que buscan el reconocimiento legal y monetario de otros bienes y servicios del bosque (p.ej., el pago por servicios ambientales en Costa Rica, Rodríguez 2002 y Nasi *et al.* 2002), en la mayoría de los países centroamericanos el aprovechamiento de madera sigue siendo la actividad forestal que genera mayores recursos, y también mayores impactos ambientales. Para que encaje bien dentro de los conceptos del manejo forestal sostenible que se han desarrollado durante las últimas décadas, el aprovechamiento convencional tenía que adaptarse a los cambios en los contextos técnico-ecológico, económico-social y político-legal, reduciendo sus impactos negativos sobre el ambiente, manteniendo sus beneficios económicos y la aceptación de la sociedad y su regulación.

Por estas razones, en el presente capítulo, aparte de describir el contexto biofísico del aprovechamiento, se abordarán aspectos relevantes y cambiantes en su contexto económico-social y político-legal, y se discutirán las tendencias presentes en el desarrollo del aprovechamiento, comenzando con una caracterización del aprovechamiento convencional, hasta llegar a las tendencias futuras del aprovechamiento de impacto reducido.

1.2 Contexto biofísico

En su informe sobre la situación de los bosques del mundo, FAO (2001) revela que un 35% de la superficie terrestre de América Central está cubierta por bosques (17,8 millones de hectáreas), de los cuales más de un 97% corresponden a bosques naturales y menos de un 3% a plantaciones forestales. Estas cifras pueden parecer poco significativas en comparación con las existencias mundiales, pero su conservación es prioritaria debido a que tales bosques constituyen un corredor biológico natural que conecta Norte y Suramérica, además de concentrar gran parte de la biodiversidad terrestre del planeta y representar el sustento de muchas comunidades rurales que dependen de esos recursos para su supervivencia.

Hasta hace poco más de una década, según Poore *et al.* (1989) en su estudio para la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), ninguno de estos bosques era manejado. Esta situación ha ido cambiando paulatinamente; prueba de ello es el hecho de que, según FAO (2001), ahora existen 2,3 millones de hectáreas de bosques naturales con planes de manejo en América Central y más de 400 000 hectáreas certificadas bajo los principios sociales, ambientales y económicos del estándar del Consejo Mundial de Manejo Forestal (FSC -Forest Stewardship Council)¹.

¹ Información consultada en setiembre 2002 en <http://www.fscoax.org>

Contexto actual del aprovechamiento forestal en América Central

Por otro lado, es necesario tener claro que no todas las operaciones bien manejadas están certificadas, ya que existe un gran número de unidades boscosas en las que se realizan buenas prácticas de manejo, pero que no se han interesado en la certificación forestal.

El buen manejo –y el aprovechamiento como parte integral de ese manejo– depende en gran parte de las oportunidades y restricciones que ofrece el ambiente biofísico. Un paso esencial para la buena planificación, ejecución y evaluación del aprovechamiento es, por ende, estar consciente de las oportunidades y restricciones del entorno. El desempeño ambiental del aprovechamiento, por ejemplo, está muy relacionado con factores como el tipo de bosque, topografía y clima, mientras que el desempeño económico depende, entre otros factores, de la disponibilidad de especies comerciales, abundancia y tamaño y ubicación geográfica de la unidad de manejo. En esta sección se abordará brevemente cada uno de estos factores.



Para que la planificación, ejecución y evaluación del aprovechamiento sean apropiadas hay que saber reconocer las oportunidades y restricciones.

1.2.1 Tipos de bosques

Los tipos de bosques naturales de América Central son las coníferas y los bosques latifoliados.

Los **bosques de coníferas** se dan de manera natural en Guatemala, Honduras y el norte de Nicaragua; son más homogéneos en estructura y composición que los bosques latifoliados. Entre las especies de pinos más representativas en América Central se encuentran *Pinus caribaea*, *P. tecunumani*, *P. oocarpa* y *P. pseudostrobus*. Desde el punto de vista de su aprovechamiento, los bosques de coníferas pueden proveer un mayor volumen comercial por unidad de área debido a su mayor homogeneidad en cuanto a especies, tamaños y manejo monocíclico, lo que reduce los costos de aprovechamiento por unidad de volumen. Esta situación se traduce en la oferta de madera aserrada de pino a precios mucho más competitivos que la madera aserrada procedente de bosques latifoliados.



Foto: CATIE.

Bosque natural de pino. En Centroamérica las especies más representativas de este género son *Pinus caribaea*, *P. tecunumani*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Los **bosques latifoliados** son más abundantes en América Central, donde se diferencian varios tipos como manglares, bosque seco, bosque nuboso de altura y bosque latifoliado tropical húmedo, el que a su vez se subdivide en inundado, de llanura y de ladera.

Los **bosques secos** se ubican en la vertiente pacífica, desde la costa norte de Costa Rica hasta Guatemala. Han sufrido mayores perturbaciones debido al cambio de uso provocado por los asentamientos humanos y a la expansión de la frontera agrícola. El litoral pacífico es también la parte más poblada de América Central, por lo que además de los problemas anteriores debemos sumar la fuerte demanda por leña. Esta situación ha llevado a la casi desaparición de los bosques secos; quedan solamente relictos, muchos de ellos bajo alguna categoría de área protegida. Los bosques secos tropicales tienen un área basal e índices de crecimiento diamétrico inferior a los reportados en bosques húmedos tropicales. En estos bosques predominan especies de los géneros *Tabebuia*, *Acacia*, *Enterolobium*, *Hymenaea*, *Bursera*.



Foto: CATIE.

En América Central los bosques secos se ubican en la parte más poblada; por tal razón han sufrido una acelerada desaparición

Los **bosques de mangle** o **manglares** son ecosistemas dominados por un grupo de especies vegetales típicamente arbóreas que reciben el nombre genérico de mangle, las cuales han desarrollado adaptaciones fisiológicas, reproductivas y estructurales que les permiten colonizar áreas anegadas y sujetas a la influencia de las mareas de las costas tropicales y subtropicales protegidas del oleaje. Así por ejemplo, el mangle presenta un sistema radicular que le permite sostenerse en suelos inestables y poco consolidados e intercambiar gases entre raíces y atmósfera. Otra adaptación importante al medio es la estrategia reproductora de estas especies: los frutos producen semillas que no entran en dormancia, sino que el embrión germina cuando aún está en el fruto unido a la planta madre. De esta forma el embrión produce una plántula que se desarrolla inicialmente unida a la planta madre, alejada de las condiciones ambientales adversas (Jiménez 1994).



Foto: CATIE.



Bosque de mangle. Constituye una fuente importante de productos para la población aledaña.

Los manglares constituyen uno de los ecosistemas de mayor productividad primaria y secundaria neta del mundo y proveen a la población aledaña de carbón, madera de construcción, corteza para la extracción de taninos, animales silvestres, peces, conchas, cangrejos, camarones, sal, miel, así como sitios propicios para la camaronicultura (Marmillod *et al.* 2001).

Taxonómicamente, los manglares difieren bastante entre unos y otros. Mainardi (1996) señala que pertenecen a unas 20 familias, de las cuales sólo dos se componen exclusivamente por mangles, mientras las restantes están mejor representadas por especies del bosque húmedo tropical. Los manglares en América Central están distribuidos a lo largo de ambas costas. Sin embargo, en el Pacífico se encuentra el 81% de ellos; es decir, 375.747 ha de las 465.309 ha cubiertas de manglares en el istmo. En el Cuadro 1.1 se presenta la superficie cubierta por manglares en los países de América Central.

Algunos manglares en Centroamérica son aprovechados por las comunidades para la producción de leña, carbón y madera de construcción. La corta de la madera se realiza con hacha y se lleva al pueblo en bote durante la marea alta. Generalmente el aprovechamiento forestal de manglares es conflictivo con la riqueza de la fauna existente (Tanner 2000).

Cuadro 1.1 Superficie cubierta por manglares en los países de América Central	
País	Superficie (ha)
Guatemala	16 086
El Salvador	35 235
Honduras	46 869
Nicaragua	155 000
Costa Rica	41 292
Panamá	170 827
Total	465 309

Fuente: Mainardi 1996



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Los **bosques nubosos de altura** son ecosistemas que se encuentran a altitudes superiores a los 1500 msnm (Aus der Beek y Sáenz 1997, Stadtmüller 1987), con relieve muy quebrado, alta precipitación (entre 2000 a 5000 mm anuales) y temperaturas entre 6 y 15°C (Stadtmüller 1987). En Costa Rica, los bosques nubosos de altura están dominados por árboles de la familia Fagaceae que tienen una altura de 25 a 40 m, aunque a veces alcanzan hasta 50 m (Blaser y Camacho 1991; Orozco 1991) y un volumen comercial superior a los 500 m³/ha. Por su ubicación geográfica, pendiente y tipo y cantidad de precipitación, estos bosques tienen funciones importantes en la regulación del ciclo hídrico (Stadtmüller 1994) y no deben ser aprovechados sino en situaciones excepcionales y con el máximo cuidado, preferiblemente utilizando animales de tracción en vez de tracción mecanizada.

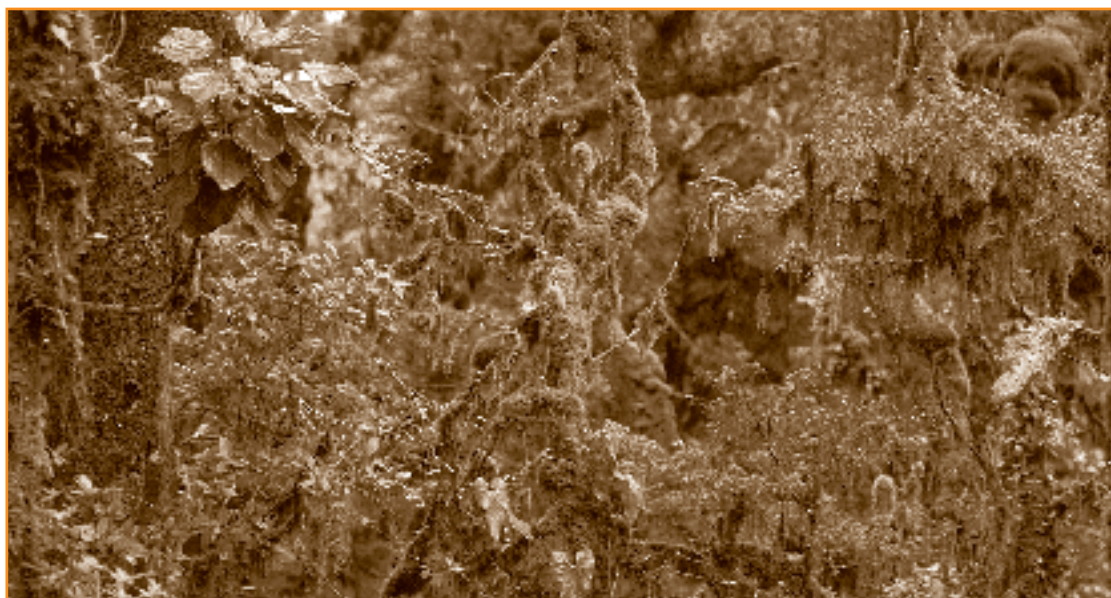


Foto: CATIE.

Bosque de altura en Villa Mills, Cordillera de Talamanca, Costa Rica.

Los **bosques latifoliados húmedos** se encuentran principalmente en la vertiente atlántica del istmo centroamericano y la vertiente pacífica sur de Costa Rica y pacífica de Panamá. Según su ubicación topográfica y características edafoclimáticas, se pueden distinguir tres tipos de bosques latifoliados húmedos: bosques inundados, bosques de llanura y bosques de ladera.

Los **bosques inundados** se encuentran generalmente en áreas costeras, zonas bajas y en las márgenes de grandes ríos y canales muy lluviosas (arriba de los 3500 mm), de topografía plana y drenaje imperfecto, con un nivel freático alto, casi superficial, lo que hace que el suelo sea fangoso o inundado en algunos tramos. El periodo seco en que se puede hacer el arrastre mecanizado se reduce a 50 - 60 días entre los meses de febrero y abril. Aún en el periodo seco, aprovechar estos bosques implica la utilización de tractores especialmente equipados para condiciones húmedas (orugas con caites o rodaduras anchas de tipo pantanero) que aumentan la superficie de contacto y facilitan el tránsito por un suelo relativamente húmedo, o con tambores y cables adaptados para jalar trozas en distancias largas (en Costa Rica se utilizan cables de hasta 200 m). Esto implica una inversión adicional por parte del concesionario (maderero), ya que comúnmente su maquinaria cuenta con caites para laborar en tierra firme y/o tambores con cables de hasta 30 a 50 m.



Foto: CATIE.

En Centroamérica la mayor parte de los bosques inundados se localizan en Darién, Panamá y en la costa atlántica de Costa Rica y Nicaragua.

Las áreas donde se ubican estos bosques son terrenos sin interés agrícola por lo que la tasa de deforestación es baja; además, las condiciones difíciles para el aprovechamiento hacen que la tala ilegal sea significativamente menor que en los otros tipos de bosques. Una buena parte de los bosques del Darién en Panamá y de la costa atlántica de Costa Rica y Nicaragua pertenecen a este tipo de bosque.

Los **bosques de llanura** se ubican en zonas planas a plano-onduladas, en condiciones de tierra firme, con pendientes máximas entre 35% y 40% en lomas aisladas. Este tipo de bosque presenta una heterogeneidad florística alta; sin embargo, el número de especies comerciales varía de un país a otro, e incluso dentro de un país dependiendo de la zona. Este tipo de bosque es el más abundante en la región centroamericana, apto para el aprovechamiento mecanizado pues su topografía y suelos firmes facilitan el uso de maquinaria pesada. Bajo estas condiciones, el tractor forestal articulado (*skidder*) ofrece buenos rendimientos y puede operar sin mayores contratiempos durante la época seca. En Petén, Guatemala y en la península de Yucatán, México, la mayo-

ría de los bosques de llanura están asentados sobre suelos de origen calcáreo, a diferencia de los bosques de llanura del resto de la región centroamericana. Los bosques de La Mosquitia de Honduras y Nicaragua, la zona del Río San Juan de Nicaragua, gran parte de la zona norte y atlántica de Costa Rica y Panamá dan cabida a una densa red hidrográfica; en Petén, por el contrario, la ocurrencia de ríos es mínima debido a la gran capacidad de infiltración de los suelos, lo que constituye una ventaja desde el punto de vista extractivo mecanizado.

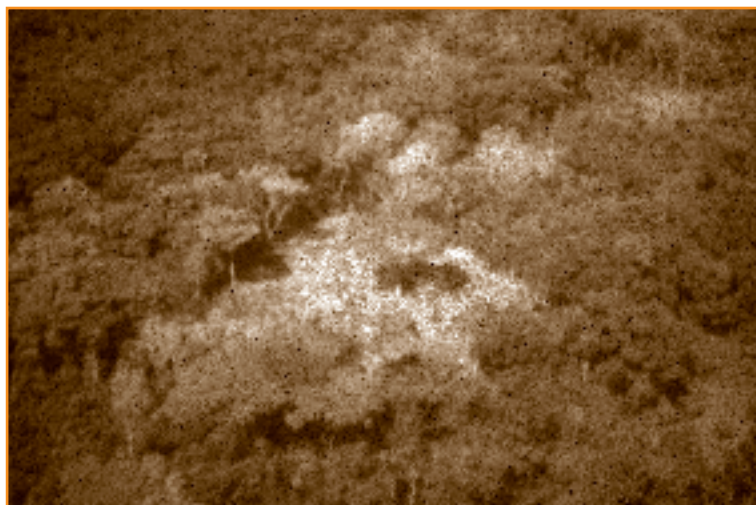


Foto: CATIE.

Bosque de llanura. Este tipo de bosque es el de mayor extensión en Centroamérica; presenta condiciones aptas para el aprovechamiento mecanizado.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Los **bosques de ladera** se ubican en los flancos de las cordilleras. La principal limitante para su aprovechamiento es la topografía, ya que es frecuente encontrar pendientes mayores a 45%. Este bosque se caracteriza por una alta densidad de ríos, quebradas y muchas nacientes, así como gran cantidad de afloraciones rocosas que dificultan seriamente la apertura de trochas y caminos.



Foto: CATIE.

Bosque de ladera. Este bosque se caracteriza por presentar pendientes altas que dificultan su aprovechamiento.

Cuando las condiciones de acceso permiten la utilización de maquinaria pesada, se emplea el tractor de orugas equipado con ‘winche’ para las operaciones de arrastre. En el litoral norte de Honduras, muchas comunidades ejecutan la tala y aserrío de las trozas en el mismo sitio mediante el uso de motosierras y/o sierras de viento o manuales; la madera se transporta en tablones por medio de mulas o personas cargándolos directamente y/o sierras de viento sobre los hombros.

1.2.2 Clima

El factor climático que más influencia tiene en el aprovechamiento forestal es la precipitación (Cuadro 1.2). En general, el arrastre mecanizado de las trozas se realiza durante la época de menor precipitación –entre febrero y mediados de mayo– cuando aumenta la capacidad de carga del suelo, lo que permite un mayor rendimiento en el uso de maquinaria. El aprovechamiento mecanizado en la época de más precipitación conlleva a un mayor desgaste de la maquinaria, menor rendimiento durante el arrastre y transporte e incremento en los tiempos improductivos, lo que eleva los costos de extracción y muchas veces imposibilita el arrastre y el transporte de la madera, además de aumentar el impacto en el suelo y en la vegetación circundante.



Cuadro 1.2 Precipitación anual (mm/año) en varias regiones de América Central													
Sitio	Mes												Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Petén, Guatemala*	50	36	45	179	240	249	240	214	362	191	88	100	1994
La Ceiba, Honduras*	261	305	151	107	76	208	172	207	205	436	631	459	3218
RAAN, Nicaragua**	201	85	61	50	204	457	442	391	401	374	343	281	3290
El Castillo, Nicaragua***	212	87	66	68	248	239	447	311	335	302	345	294	2954
San Carlos, Costa Rica*	294	196	104	101	327	464	512	496	501	494	489	561	4539
Bocas de Toro, Panamá*	202	198	157	289	264	296	434	306	205	209	362	317	3239

* FAO (1995) ** Forbes (1998) *** Vidaurre (1995)

Como se ve en el Cuadro 1.2 no todas las zonas tienen una época seca (meses con precipitación menor a 100 mm); por lo general, se presenta una época con menor precipitación que permite la ejecución de labores extractivas mecanizadas. Durante la época de mayor precipitación, el suelo se mantiene húmedo y tarda algunos días, inclusive semanas, para que drene completamente y puedan realizarse labores extractivas. El tiempo disponible para realizar el arrastre es bastante corto, razón por la cual es indispensable maximizar la eficiencia en el uso de maquinaria mediante una buena planificación de las labores extractivas.

1.2.3 Topografía y acceso

Además del tipo de bosque y clima, la topografía y el grado de acceso son de gran importancia para determinar la factibilidad del aprovechamiento. La topografía se refleja en la tipificación de los bosques (montanos, de bajura, en laderas), pero además pueden ocurrir pendientes fuertes en otros tipos de bosque. Como se verá en los capítulos siguientes, el grado de pendiente es un factor limitante para la operación de la maquinaria. En la mayoría de los países hay un límite de pendiente por arriba del cual no se permite ningún tipo de aprovechamiento de madera, y otro por arriba del cual sólo se permite una extracción cuidadosa. Los tractores articulados trabajan bien hasta con un 30% de pendiente; de ahí en adelante, hasta la pendiente máxima permitida, sólo pueden transitar tractores de oruga y mulas, aunque también se pueden usar cables (ver Capítulo 6). Según FUNDECOR en Costa Rica, la pendiente máxima permitida es de 75%, con el tránsito entre 35 y 75% como de uso restringido (Obando y Louman 2001).

El tipo de bosque, el clima, la topografía y el acceso son de gran importancia para determinar la factibilidad del aprovechamiento.

La distancia hasta el mercado y la facilidad del acceso (junto con el precio de la madera) determinan cuáles especies son factibles de aprovechar: los costos desde el árbol en pie hasta el mercado aumentan con la distancia y la dificultad de acceso, el aprovechamiento será factible sólo para las especies que captan un mejor precio en el mercado. Esto explica parcialmente la diferencia en el número de especies comerciales en diferentes partes de América Central. Costa Rica, por ejemplo, es un país pequeño donde el mercado interno consume casi toda la producción de madera. Sus bosques productivos se encuentran a distancias relativamente cortas del mercado y en terrenos de acceso relativamente fácil (cerca de carreteras y caminos de todo tiempo, terrenos planos a ondulados). En el país se emplean más de 100 especies comerciales.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En contraste, gran parte de los bosques de La Mosquitia hondureña sólo son accesibles con mula, a pie o en canoa, y los precios de madera en el mercado local son relativamente bajos: la caoba es la única especie del bosque latifoliado con valor comercial actual, aunque en un futuro cercano otras especies podrían alcanzar mejores precios, si se logra cumplir con condiciones de buen manejo.

1.2.4 Especies y tamaños aprovechables

El aprovechamiento forestal en América Central, como en la mayor parte de los bosques tropicales del mundo, se ha caracterizado por la extracción de los individuos más grandes y de mejor forma de las especies de mayor valor en el mercado. Este accionar obedece a la siguiente lógica:

- El costo de extracción y transporte de la madera es superior al costo de la madera en el mercado. Por ejemplo, en Petén el costo de planificación, extracción, transporte y aserrío en algunas concesiones se ha calculado en un rango entre US\$0,50 y 0,75 por pie tablar (pt)². Sin embargo, el rango de precios de madera aserrada puede variar de US\$0,4 a más de US\$2,00 por pt de madera de caoba. Es evidente que muchas especies no pagan ni siquiera el costo de extracción y transformación, por lo que económicamente no se justifica el manejo.
- El tiempo disponible para las operaciones es corto. Esto obliga a que los extractores concentren sus esfuerzos en las especies más valiosas, de diámetros mayores para incrementar sus beneficios y el volumen extraído. El costo de arrastre de dos árboles de la misma especie y del mismo largo de una troza de 50 cm dap y otra de 70 cm dap es muy parecido, pero el volumen de la troza de mayor diámetro es casi el doble que el primero. Esto obedece a la fórmula para obtener el volumen, en la cual se eleva el diámetro al cuadrado.

El DMC sirve de base para el plan de manejo y el plan operativo anual.

Los precios de las maderas varían de país en país, inclusive para la misma especie. Por ejemplo, en Costa Rica el gavilán (*Pentaclethra maculosa*) ha alcanzado un buen precio en el mercado nacional, pero en Nicaragua la especie no es comercial. Otros ejemplos de esta naturaleza abundan en el neotrópico: laurel (*Cordia alliodora*) y caobilla (*Carapa guianensis*) son de gran valor comercial en Costa Rica, pero no figuran en la lista de especies comerciales de Perú y Honduras, respectivamente.

En cada país existe un diámetro mínimo de corta (DMC) establecido en las normas legales de la Administración Forestal del Estado (AFE), el cual sirve como base para elaborar los planes de manejo y los planes operativos anuales. En algunos casos el DMC no está normado (se considera el establecido tradicionalmente por la industria, madereros, etc.), pero se adopta y respeta como si lo fuera. Es posible aprovechar diámetros menores a los estipulados como DMC (Cuadro 1.3), siempre que se justifique técnicamente la decisión con base en los resultados del inventario.

Cuadro 1.3 Diámetros mínimos de corta (DMC) y porcentaje de árboles de reserva en algunos países de Centroamérica		
País	DMC	% Reserva (arriba del DMC)
Guatemala	60 cm (caoba y cedro) 45 cm (otras especies)	15%
Honduras	50 cm	Depende del potencial del bosque
Nicaragua	40 cm (otras especies) 50 cm (caoba, cedro, ceiba, guanacaste, nancitón, pansuba y pochote)	Depende del potencial del bosque
Costa Rica	60 cm	40%

Contexto actual del aprovechamiento forestal en América Central

Cómo se vio en el acápite sobre topografía y acceso, el número de especies aprovechables varía de un país a otro, y aún dentro de un país dependiendo de la región. En Costa Rica, por ejemplo, en cualquier parte del país se reconocen 40 especies comerciales o más; en Nicaragua, alrededor de 25 especies por zona, mientras que en La Mosquitia de Honduras caoba es la única especie comercial del bosque latifoliado.



En esta sección hemos:

- Citado los tipos de bosques naturales de América Central: bosques de coníferas y bosques latifoliados, entre los cuales se encuentran el bosque seco, el manglar, los bosques de altura, de llanura y de ladera y los bosques inundados.
- Señalado la precipitación como el factor climático que más influye en el aprovechamiento forestal.
- Señalado la importancia de la topografía y el acceso a los bosques para determinar la factibilidad del aprovechamiento.
- Determinado la influencia del número de especies y el tamaño de los árboles en el aprovechamiento forestal en América Central.

1.3 Contexto económico social

Centroamérica tiene poco más de 35 millones de habitantes y, con los actuales índices de incremento poblacional (2,8%), se estima que la población se duplicará en 25 años, lo que causará una mayor presión sobre los bosques (Segura *et al.* 1997). Entre los principales problemas socioeconómicos que afrontan los países en la región están el aumento de la pobreza, la distribución poco equitativa del ingreso, el elevado desempleo, el estancamiento económico y un fuerte déficit fiscal. En este contexto, y dada la relativa abundancia del recurso forestal, el manejo de los bosques naturales constituye una alternativa de singular importancia para la población marginal, la cual se estima en 3 millones de personas (Kaimowitz 2002).

1.3.1 Principales actores

Entre los principales actores involucrados en el aprovechamiento de los bosques en Centroamérica están los dueños de bosque y concesionarios, los madereros, el Estado, los regentes forestales, las ONG y los centros de educación forestal.

Dueños de bosque y concesionarios. Los bosques naturales tropicales centroamericanos donde se vienen desarrollando operaciones lícitas de extracción son de propiedad privada o estatal, cedidos en usufructo a terceros mediante contratos de aprovechamiento o concesión. En ambos casos, la legislación de cada país exige la tramitación de permisos para el aprovechamiento de la madera.

El tamaño de las unidades de manejo es muy variable. En Costa Rica, por ejemplo, los remanentes de bosque productivo no protegido por el Estado se distribuyen en un número grande de fincas, razón por la cual el recurso está muy disperso. Según Méndez (1999), en la zona de San Carlos los bosques naturales remanentes se encuentran en fincas pequeñas y medianas en la antigua frontera agrícola, los bloques de bosque fragmentado pueden oscilar entre 15 y 500 hectáreas. Esto hace que en un mismo periodo maderero el extractor tenga que operar en varios sitios distantes, con los consiguientes problemas de traslado de maquinaria, campamentos y adecuaciones de los caminos de penetración.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En la zona del Río San Juan, Nicaragua, la mayoría de los bosques de propiedad privada tienen una extensión de 50 manzanas (unas 35 ha), mientras que en la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) los bosques son comunales y tienen una extensión que oscila entre 500 y 50 mil hectáreas, aunque existen serios problemas legales sobre la tenencia de la tierra. Las comunidades reclaman su derecho consuetudinario al uso de los recursos mientras que el Estado otorga “concesiones” a terceros, lo que genera serios conflictos que han llegado hasta la Corte Internacional de La Haya.

Bajo el paraguas de las concesiones forestales se están aprovechando extensas áreas de bosque en América Central. En Petén, Guatemala se han entregado más de medio millón de hectáreas a grupos comunitarios e industriales en concesiones renovables por 25 años; al concesionario se le exige la certificación forestal como garantía de buen manejo. Las evaluaciones iniciales de las concesiones muestran que el manejo del bosque ha sido correcto, motivo por el cual se han hecho acreedores al sello verde. En los bosques del Darién, Panamá, el Estado ha otorgado concesiones de aprovechamiento por periodos no mayores a cinco años. Es poco probable que un concesionario invierta recursos en actividades de manejo por periodos tan cortos, si no tiene la seguridad de alcanzar una retribución por el producto final del manejo. En Guatemala las concesiones son por 25 años renovables, mientras que en Bolivia el periodo fijado por el estado es de 40 años.

En Honduras, el Estado es dueño de la mayor parte de los terrenos donde aún hay bosque latifoliado. Desde 1976, a través del sistema social forestal se ha tratado de involucrar a las comunidades locales en el manejo mediante convenios de usufructo y apoyo a la planificación del manejo y aprovechamiento. La calidad del manejo y aprovechamiento es muy variable, según la capacidad del Estado para brindar el apoyo necesario y aplicar un control estricto del aprovechamiento y transporte. En casos donde las comunidades fueron mejor motivadas y recibieron más apoyo externo –generalmente de ONG o proyectos estatales específicos³– se ha logrado un buen manejo forestal y la aplicación de técnicas de aprovechamiento de impacto reducido.

Son pocos los casos en que empresas forestales tienen bosques donde desarrollan actividades de manejo, como PRADA y Hermanos Úbeda en Nicaragua y PORTICO en Costa Rica. La mayoría de los bosques privados están en manos de pequeños propietarios, las áreas más grandes están en manos de comunidades o son propiedad del Estado, cedidas en uso por contratos de concesión o usufructo.

Muchos de los pequeños productores o comunidades aprovechan la madera de su propiedad mediante sistemas de extracción acordes con sus posibilidades. Uno de los más utilizados por los grupos comunitarios es el aserrío con motosierra y transporte de las tablas o bloques con tracción animal (mulas, bueyes, búfalos), al hombro o con maquinaria liviana, como camionetas, *pick ups* o carretas. Hasta el año 2000 en Honduras y el 2002 en Nicaragua estaba prohibido el uso de motosierra para aserrar madera; el aserrío era realizado en forma manual por medio de sierra de viento, el cual era uno de los trabajos más duros y peor remunerados del sector forestal en la región.

Otros propietarios, tanto pequeños como grandes, practican un aprovechamiento mecanizado para la extracción. Por lo general, contratan a madereros para estas actividades, sea como empleados directos o contratistas.

La propiedad de los bosques en América Central es muy diversa, desde pequeñas áreas en manos privadas hasta grandes extensiones de bosques comunitarios o estatales.

³ Se destacan los proyectos PDBL/AFE-COHDEFOR en Honduras, CATIE-RENARM/PBN (a nivel regional y financiado por USAID), CATIE-TRANSFORMA (financiado por COSUDE y ejecutado en Honduras con AFE-COHDEFOR y con INAFOR en Nicaragua), CATIE-CONAP (financiado por USAID) y CATIE-Olafo (financiado por DANIDA) en Guatemala; en Costa Rica, CATIE-PROSIBONA (financiado por COSUDE y ejecutado en cooperación con MINAE).

Los madereros. Estos son los encargados de realizar los aprovechamientos forestales. Como no son dueños del recurso, generalmente les interesa poco el estado en que quede el bosque después de la extracción de la madera. En algunos casos, los madereros forman parte de industrias forestales que tienen su propio equipo de extracción y compran la madera en pie a propietarios privados o concesionarios. Otros madereros solamente realizan el aprovechamiento y venden la madera en rollo a los aserraderos o industrias forestales, o simplemente prestan el servicio de extracción.

Los madereros tienen maquinaria de extracción (tractor forestal, tractor de orugas, cargadores) y cuentan con operarios de su confianza para realizar las actividades extractivas. Es importante la capacitación que se dé a los operarios, quienes en última instancia son lo que ejecutan las labores extractivas en el campo. En la mayoría de los casos, los operarios reciben un sueldo básico más una bonificación por volumen extraído. Este modo de operar hace que se incremente la producción diaria, en detrimento de la calidad de la operación y causando mucho daño al bosque remanente. Es por eso que toda actividad de capacitación debe ser acompañada por un monitoreo y control continuo, para garantizar la adopción de las prácticas de bajo impacto.

La Administración Forestal del Estado (AFE). La AFE es la entidad responsable de poner en práctica las políticas forestales vigentes, a través del cumplimiento de las leyes y normas relacionadas con el manejo de los bosques. La AFE toma varios nombres según el país: Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) en Panamá, Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) y su Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) en Costa Rica, Instituto Nacional Forestal (INAFOR) en Nicaragua, Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR) en Honduras, Instituto Nacional de Bosques (INAB) en Guatemala y Servicio Forestal en Belice. Entre las principales funciones de la AFE están el otorgar los permisos para el aprovechamiento y controlar la ejecución. En varios países esta última actividad es compartida con los regentes forestales, quienes son responsables ante el Estado de la ejecución técnica del plan de aprovechamiento. En Costa Rica además del control de las actividades del aprovechamiento también se evalúan; esta evaluación la realiza un ente ajeno a la AFE y al ejecutor del aprovechamiento.

Con frecuencia, los usuarios se quejan de que las AFE están muy burocratizadas y que las normas no favorecen el manejo de los bosques, sobre todo a los pequeños propietarios. Hay tantas reglas y trabas administrativas que es casi imposible para un pequeño productor cortar y transportar legalmente un árbol que él mismo plantó en su finca, mucho menos obtener permiso para aprovechar madera de bosques naturales.

Kaimowitz (2002) critica el proceder de las AFE, al exigir que los productores hagan planes de manejo firmados por ingenieros forestales y tramitados en oficinas lejos de donde viven. En la práctica, esa actitud garantiza que sólo los grupos más ricos tengan derecho a cortar y vender madera de manera legal. Lo que es más grave aún, según el autor, es que todas estas reglas y normas son hechas por personas bien intencionadas que buscan un manejo más sostenible de los bosques. Sin embargo, no hay ninguna evidencia de que se haya alcanzado ese resultado. El único resultado observable en el campo es que los que tienen mayores recursos económicos y contactos consiguen los permisos, mientras que los pequeños productores e indígenas, quienes hacen aprovechamiento a un escala mucho más reducida y con tecnologías más simples, no reciben igual trato.



La AFE es la entidad encargada de otorgar los permisos para el aprovechamiento y controlar su ejecución y monitoreo (control y evaluación de su ejecución).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

El problema de ineficiencia burocrática es aún más grave considerando que algunos empresarios madereros cuentan con mecanismos para obtener permisos de comercialización de madera de forma dolosa pero muy rápida. A menudo, el propietario del bosque que quiere aprovechar su madera debe escoger entre una alternativa legal, pero costosa, lenta y engorrosa, o una alternativa ilegal, rápida y eficiente (Louman y Villalobos 2001).

La dinámica institucional de las AFE en América Central es impresionante; de hecho, se han dado cambios positivos en los últimos años producto de una reestructuración institucional. En este contexto, en Guatemala desaparece la Dirección General de Bosques (DIGEBOS) para dar paso al INAB; en Nicaragua, la Dirección General Forestal del Ministerio de Recursos Naturales (MARENA) es remplazada por INAFOR; en Costa Rica, la Dirección General Forestal (DGF) del MIRENEM cede paso al MINAE/SINAC, y en Panamá las funciones del Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INRENARE) son asumidas por la ANAM.

Además, en todos estos países se está buscando mejorar las normativas del manejo y aprovechamiento de los bosques, modernizar los controles y considerar la situación de los pequeños y medianos productores, tanto en las normativas como en los mecanismos de apoyo.

Los regentes

El regente forestal es una figura surgida en la última década como consecuencia de la debilidad institucional de las AFE para el monitoreo y control de las operaciones de manejo. Las responsabilidades de los regentes varían de país en país, pero en general son responsables de:

Los regentes tienen fe pública y por lo tanto están investidos de autoridad para actuar.

- Velar por el estricto cumplimiento de las normas técnicas y legales establecidas en el plan de manejo durante la fase de aprovechamiento y aplicación de técnicas silviculturales.
- Verificar que el diseño y trazado de caminos e infraestructura, durante la fase de aprovechamiento forestal, se hagan de acuerdo con las disposiciones establecidas en el plan de manejo (PGM) y/o plan operativo anual de aprovechamiento (POA) aprobado por la AFE.
- Verificar y recomendar que las labores de corta, extracción y transporte de madera sean las adecuadas para minimizar los daños al suelo, al bosque y al ambiente.
- Realizar las modificaciones que requiera el PMG y/o POA, siempre que busquen disminuir el impacto del aprovechamiento en el ambiente.
- Capacitar, o asegurarse de que los obreros que hacen las labores de aprovechamiento estén adecuadamente capacitados.
- Informar a la AFE de las irregularidades que se produzcan en la ejecución del plan de manejo, mediante informes de regencia.

Muñoz (1997) y Ramírez (1997) informan de evidencias de cambios positivos en Costa Rica con la inclusión de la figura del regente. Según los autores, el sistema de regencia tiene los siguientes beneficios:

- Agiliza los trámites para la obtención de permisos de aprovechamiento.
- Aumenta la seguridad de buen uso de los recursos forestales.
- Mejora el control sobre el otorgamiento de permisos forestales y de incentivos al manejo forestal.



- Mejora la aplicación de técnicas de aprovechamiento y de tratamientos silviculturales.
- Disminuye el cambio de uso del suelo en los terrenos sometidos a manejo forestal.
- Reduce el poder del Estado sobre los planes de manejo.
- Contribuye a aumentar la competencia y nivel de conciencia de los propietarios del bosque y de los operarios y empresarios forestales en cuanto al manejo sostenible.

A pesar de las mejoras percibidas a raíz de la inclusión del sistema de regencia, se dan algunos cuestionamientos al sistema. Uno de ellos resalta el hecho de que el regente es un empleado del empresario maderero y, por lo mismo, debe responder ante este aún en perjuicio del recurso manejado. También se cuestiona el hecho de que un alto porcentaje de regencias están en manos de unos pocos regentes quienes deben hacer visitas quincenales, pero que por el exceso de trabajo reducen sus visitas al mínimo o simplemente delegan la inspección en un tercero. En muchos casos, los madereros modifican lo planificado en el plan de extracción, especialmente en cuanto a la tasa de cosecha; esta actitud en la mayoría de los casos es apoyada por el propietario con el fin de aumentar su ingreso en la operación. Ante esta situación el regente está en desventaja ya que las labores de dirección del aprovechamiento las realiza el maderero, quien justifica las anomalías en la ejecución como si fueran errores involuntarios de los operarios.

A pesar de las críticas al sistema de regencia, el balance general entre los beneficios y problemas arroja un saldo positivo. No obstante, es necesario crear mecanismos innovadores que permitan mejorar el sistema, pero sin aumentar la carga económica sobre los productores o dueños de bosque.

Las ONG

Las ONG han jugado un papel preponderante en el impulso a las prácticas de aprovechamiento de impacto reducido en América Central, ya sea a través de proyectos de investigación y apoyo al Estado en la elaboración de políticas y normas, o en la asesoría técnica directa a los productores.

En Costa Rica se destaca la labor desarrollada por entidades como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), la Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA), la Cooperación en los Sectores Forestal y Maderero (COSEFORMA), la Asociación Guanacasteca de Desarrollo Forestal (AGUADEFOR), la Fundación Neotrópica y la Fundación TUVA. Estas ONG han participado en la promoción e implementación de prácticas de aprovechamiento de impacto reducido, y en la asesoría técnica a pequeños propietarios.

En Nicaragua y Honduras, muchas de las ONG y otros organismos que apoyan prácticas de aprovechamiento de impacto reducido han formado redes operativas tales como la Red de Manejo y Conservación del Bosque en Río San Juan (REMARIO), la Red para el Manejo del Bosque Natural de la Región Autónoma del Atlántico Norte (REMAB-RAAN), la Red de Protección y Manejo de Bosques del Triángulo Minero y Prinzapolka (REPROMAB) en Nicaragua. En Honduras existe la Red de Manejo de Bosque Latifoliado Húmedo (REMBLAH). En Guatemala, el apoyo brindado por Centro Maya, ProPetén, Fundación Naturaleza para la Vida (NPV), Asociación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible (ACODES), Chemonics, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE/TRANSFORMA) y Asociación de Comunidades Forestales de Petén (ACOFOP) ha sido crucial para lograr que los grupos comunitarios adopten prácticas de aprovechamiento forestal de impacto reducido en el manejo de las concesiones comunitarias.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Universidades y escuelas forestales

Las universidades y escuelas forestales también han jugado un papel importante en la investigación forestal y en la capacitación de personal profesional y técnico sobre prácticas de aprovechamiento de impacto reducido. Esta forma de aprovechamiento es parte del *pensum* académico de muchos de estos centros educativos; así, la nueva generación de forestales está saliendo de las aulas con una formación más completa en planificación, control y evaluación de las prácticas de aprovechamiento de impacto reducido.

Se destaca la labor realizada por las universidades en la región: en Panamá, la Universidad de Panamá; en Costa Rica, la Universidad Nacional (UNA) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR); en Nicaragua, la Universidad Nacional Agraria (UNA), Universidad Centroamericana (UCA), Universidad de Costa Caribe de Nicaragua (CIUM-BICU) y Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN); en Honduras, la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) y el Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico Norte (CURLA); en Guatemala, el Centro Universitario del Petén (CUDEP). Este libro es el resultado de uno de los encuentros entre docentes de estos centros educativos para mejorar el manejo de los bosques en América Central.

1.3.2 Producción y comercio

En Centroamérica, tradicionalmente el aprovechamiento forestal ha estado en manos de extractores madereros que aprovechan la madera amparados en permisos dados por las AFE en bosques privados o concesiones, o simplemente extrayendo la madera en forma ilegal. Muchas veces, los mismos madereros se encargan de realizar todos los trámites para el aprovechamiento de la madera ante la AFE, y pagan a los dueños del bosque precios muy bajos por la madera en pie. En la última década, sin embargo, se ha incrementado la participación de los grupos comunitarios en el aprovechamiento de los bosques, principalmente en Guatemala, Honduras y Nicaragua. Los grupos comunitarios se están dando cuenta de que hacer manejo para vender árboles en pie resulta poco atractivo, por lo que se están involucrando más en los procesos productivos. Algunas comunidades carentes de equipo de aprovechamiento y transformación han establecido alianzas estratégicas con industriales madereros en términos más justos y equitativos para las comunidades. Esto se ha logrado gracias al apoyo e intermediación de ONG que dan asesoría a las comunidades en cuanto a los procesos de manejo y transformación forestal (Ortiz 2000).

En el Cuadro 1.4 se presenta la magnitud de la producción y consumo de madera en los países centroamericanos. Es necesario señalar que las estadísticas de la producción de madera en rollo no son muy confiables debido a que la información proviene de permisos de cortas o licencias de transporte y se sabe que existe una alta producción ilícita no reportada. La información sobre producción de madera aserrada, exportación e importación y consumo sí es bastante más confiable (Serrano *et al.* 2002).

Nótese en el cuadro la alta producción y consumo de madera en Costa Rica, así como el gran número de especies empleadas. Véanse, además, los altos volúmenes de exportación de madera de pino en Honduras, cuyo destino principal es el mercado del Caribe (Cruz *et al.* 2001).



Cuadro 1.4 Producción, comercio y consumo de madera aserrada en América Central (1998). Los datos incluyen producción en plantaciones y pinares naturales

País	Producción de madera en rollo (miles m ³)	Producción madera aserrada (miles m ³)	Importación madera aserrada (miles m ³)	Exportación madera aserrada (miles m ³)	Consumo madera aserrada (miles m ³)
Belice	62	20	1	5	16
Costa Rica	1 647	780	7	3	784
El Salvador	610	70	10	0	80
Guatemala	201	355	2	28	329
Honduras	795	369	16	207	178
Nicaragua	228	148	1	78	71
Panamá	97	17	2	0	18

Fuente: FAO 2001

1.3.3 Certificación forestal

La certificación forestal es un mecanismo de mercado creado para contribuir a mejorar el manejo de los bosques como estrategia de conservación. A nivel mundial se destacan la certificaciones acreditadas por el Forest Stewardship Council (FSC), la Pan-European Forest Certification (PEFC) y la International Standards Organization (ISO). Si una operación forestal consigue la certificación significa que, entre otras, ha logrado un buen nivel en la aplicación de prácticas de aprovechamiento mejorado.

La superficie de bosques certificados en el ámbito mundial, así como en América Central, se ha venido incrementando significativamente. Al mes de enero del 2006, según el FSC había poco más de 68 millones de hectáreas certificadas a nivel mundial, lo que es significativo en términos absolutos pero insignificante en términos relativos, ya que apenas constituye un 1,8% de las existencias de bosques. En América Central, casi 750.000 hectáreas han sido certificadas, lo que representa un 4,2% de la cobertura boscosa (Cuadro 1.5).

La certificación forestal garantiza el buen manejo y el uso de prácticas de aprovechamiento de impacto reducido.

Cuadro 1.5 Área boscosa y superficie de bosques certificados con el sistema del FSC a noviembre del 2002

Cobertura	Área boscosa (miles ha)	Manejo forestal certificado (ha)	Porcentaje de bosques certificados
Total mundial	3.869.455	68.125.087	1,8%
Centroamérica	17.824	742.736	4,2%

Fuente: Información consultada en enero 2006 en <http://www.fsc.org>

Estas cifras muestran los grandes progresos en el manejo forestal sostenible (MFS) –principalmente en la última década– desde que Poore *et al.* (1989) reportaron la casi inexistencia de manejo forestal en los países miembros de la OIMT de América Latina.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

El 52,9% de la superficie certificada en América Central corresponde a bosques comunales de Guatemala (48,2%) y Honduras (4,8%). De las 742.736 ha certificadas en Centroamérica (Cuadro 1.6), la mayor superficie se encuentra en Guatemala debido a la disposición del Estado de exigir la certificación forestal como requisito legal para obtener y mantener una concesión forestal en bosques estatales de la Reserva de la Biosfera Maya. El Estado ha utilizado la certificación como un instrumento para implementar sus políticas de buen manejo forestal en bosques públicos.

Se destaca también el incremento en el número de plantaciones certificadas: casi 40 mil hectáreas en Costa Rica.

Cuadro 1.6 Superficie de bosques certificados en Centroamérica de acuerdo con el sistema del FSC								
País	Plantaciones certificadas		Bosque natural certificado		Mixto		Total certificado	
	No. de unidades de manejo	Superficie (ha)	No. de unidades de manejo	Superficie (ha)	No. de unidades de manejo	Superficie (ha)	No. de unidades de manejo	Superficie (ha)
Guatemala	4	7566	11	515.304	-	--	15	522.870
Belize	-	-	1	104.888	-	-	1	104.888
Costa Rica	12	39.890	3	375	4	12.035	19	52.300
Honduras	-	-	3	37.281	-	-	2	37.281
Panamá	6	12.240	-	-	-	-	6	12.240
El Salvador	-	-	-	-	-	-	-	-
Nicaragua	-	-	3	13.157	-	-	3	13.157
Total	22	59.696	21	671.005	4	12.035	46	742.736

Fuente: Información consultada en enero del 2006 en <http://www.fsc.org>

Según Campos (2002) la certificación en Centroamérica opera en un entorno muy complejo caracterizado por:

- una alta deforestación y degradación de los bosques
- insuficiente capacidad para practicar manejo forestal sostenible
- mercados que no ofrecen incentivos para prácticas de manejo forestal sostenible
- inequidad en la distribución de costos y beneficios del manejo forestal sostenible
- pobre coordinación, transparencia y confianza entre los grupos interesados en el manejo de los bosques
- políticas e instituciones inadecuadas para el manejo forestal sostenible

El autor concluye que en ese entorno desfavorable, la certificación no debe verse como la cura para todos los males del sector forestal en Centroamérica, pero sí como un remedio complementario para mejorarlo.

En esta sección hemos:

- Citado y caracterizado los principales actores involucrados en el aprovechamiento de los bosques: dueños y concesionarios, madereros, la Administración Forestal del Estado, los regentes, las ONG, las universidades y escuelas forestales.
- Caracterizado la producción y el comercio de madera en Centroamérica.
- Citado cifras sobre la superficie de bosques certificados en Centroamérica y caracterizado el entorno de la certificación.



1.4 Contexto político y legal

1.4.1 Políticas, leyes y reglamentos

Budowski (2002) hace referencia a la confusión que existe al pensar que *“hacer política consiste en aplicar la ley forestal”*. Las políticas deben definir las metas, así como los objetivos y estrategias para alcanzarlas; las leyes deben respaldar jurídicamente las políticas aprobadas, o sea darles un marco legal. La Administración Forestal del Estado debe encargarse de aplicar e implementar las políticas oficiales. Para el autor, muy pocos países tienen enunciados claros de políticas forestales ya que a menudo están (en parte) explicados en el preámbulo de la ley forestal, y otras veces se juntan con políticas ambientales que abarcan otros temas además del forestal. También, las políticas pueden estar implícitas en las convenciones internacionales que los países han firmado.

La visión global que tradicionalmente ha dominado en América Central, la cual percibía al bosque como fuente de madera, obstáculo para la agricultura y tierra inculta ha cambiado paulatinamente en los últimos años. Entre 1989-90, se inicia el Plan de Acción Forestal Tropical para Centroamérica (PAFT-CA) que permitió un mayor conocimiento regional del Sector Forestal. En el contexto de la Cumbre de la Tierra, en 1992 se celebró la XII Cumbre de Presidentes Centroamericanos en Managua, donde se suscribió el Convenio para la Conservación de la Biodiversidad y Protección de Áreas Silvestres Protegidas en América Central. El siguiente año, en la XIV Cumbre Presidencial, se suscribió el Tratado General de Integración Económica Centroamericana y el Convenio Centroamericano de Bosques. En 1994, los presidentes de Centroamérica y el Primer Ministro de Belice suscribieron la Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible (ALIDES) que en uno de sus siete principios fundamentales establece el respeto y aprovechamiento de la vitalidad y diversidad de la tierra de manera sostenible (Segura *et al.* 1997).

Todos estos acontecimientos han dado como resultado importantes cambios en la legislación forestal de los países de la región, los cuales han incorporado el manejo forestal como alternativa de conservación, y el aprovechamiento de impacto reducido como parte integral del manejo. Uno de los cambios más innovadores en la reglamentación forestal ha sido la exigencia de elaborar planes operativos anuales (POA) basados en censos comerciales que permitan una buena planificación del aprovechamiento con miras a reducir su impacto. El POA incluye la descripción y programación detallada de las actividades de aprovechamiento que se realizarán durante un determinado año para cumplir con lo establecido en el plan general de manejo (PGM).

El POA es uno de los cambios más innovadores en la reglamentación forestal. El POA se basa en censos comerciales que permitan una buena planificación del aprovechamiento.

A pesar de los avances registrados en materia legislativa, se critica a la legislación vigente de ser demasiado prescriptiva al tratar de imponer exactamente lo que el dueño u operador puede y debe hacer. Según Louman y Villalobos (2001), esto parece ser el resultado de una falta de confianza en el técnico forestal, en su capacidad para planificar y ejecutar el aprovechamiento de madera dentro del marco de un buen manejo. Los autores señalan que las regulaciones con muchas prescripciones, además de poco prácticas, no son las más adecuadas para promover un buen manejo, pues las prácticas silvícolas deben adaptarse a las particularidades del bosque local ya que no se puede hacer prescripciones detalladas para un bosque y luego generalizarlas para todos los bosques en un país. En ese sentido, los autores recomiendan establecer lineamientos generales como marco para el manejo y aprovechamiento, que guíen las decisiones que cada técnico forestal debe tomar para el manejo del bosque bajo su responsabilidad, y para lo cual debe estar debidamente capacitado.



1.4.2 Extracción ilegal

La expresión ‘extracción ilegal’ se utiliza con frecuencia para identificar las actividades de extracción de madera que no se ajustan a las leyes del país. La corta o tala ilegal incluye la extracción dentro de áreas protegidas o fuera de unidades forestales de manejo. La extracción de madera dentro de unidades de manejo puede ser ilegal si no se ajusta a la ley. Por ejemplo, la tala de una especie prohibida, o la extracción por encima del límite permitido, o antes de recibirse el permiso correspondiente (Smith 2002).

La extracción ilegal de madera es una seria amenaza para los recursos forestales y tiene importantes impactos adversos en los planos económicos, ambientales y sociales. No existen cifras exactas al respecto, pero se estima que las diversas actividades de extracción ilegal –y correspondiente evasión de impuestos– cuesta muchos millones de dólares en ingresos gubernamentales. Otros impactos incluyen la degradación del medio ambiente y los efectos económicos. Uno de los problemas más serios de la tala ilegal es que genera competencia desleal y un desincentivo para los propietarios que manejan los bosques de manera sostenible debido a que la actividad ilícita logra bajar los precios de la madera en el mercado; entonces, el precio no cubre los costos del manejo, lo que promueve las operaciones ilegales de tala y comercialización.

No existe información precisa sobre los volúmenes reales aprovechados en forma ilícita en América Tropical, pero se calcula que en la Amazonia brasileña el 85% del aprovechamiento tiene carácter ilegal, mientras que Bolivia se estima en 80% (Smith 2002). En algunos países de América Central, la extracción ilegal puede ser dos a tres veces mayor que los volúmenes autorizados legalmente (FAO 2001). Según Campos *et al.* (2001), en Costa Rica el 35% de la madera es ilegal. Louman y Villalobos (2001) señalan los siguientes factores que incitan a que los dueños de bosques procedan en forma ilegal:

- Trámites engorrosos y lentos
- Impuestos relativamente altos
- Regulaciones con demasiadas prescripciones

Putz *et al.* (2000) mencionan, además, la exigencia de reducir el volumen por hectárea, particularmente en áreas con fuertes pendientes, anegadas o cerca de cursos de agua. Bull *et al.* (2001) reportan una reducción promedio del 18% del volumen extraído por hectárea, cuando se aplican prácticas de aprovechamiento de impacto reducido, aunque también se reducen los daños al rodal y aumenta la recuperación después de la tala.

Para frenar la tala ilegal es necesario implementar medidas que favorezcan al propietario y fortalezcan el control.

Como estrategia de acción para controlar la tala ilegal, Louman y Villalobos (2001) resaltan la necesidad de fortalecer al sector forestal del Estado para que ejerza control sobre el manejo de los bosques naturales. Pero para que dicho control sea efectivo debe complementarse con acciones que promuevan el buen manejo y que ayuden al propietario en términos técnicos, de inversión, y de comercialización justa. Los incentivos financieros, las mejoras en el acceso a nichos de mercados (por ejemplo, por medio de la certificación), los impuestos más ajustados a las ganancias netas de las operaciones, la condonación de tarifas parciales o de ciertos trámites administrativos si el manejo está certificado por organizaciones independientes y acreditadas, son algunas de las acciones que podrían estimular el buen manejo y frenar la tala ilegal.



En esta sección hemos:

- Citado los principales acontecimientos internacionales que han conducido a cambios innovadores en la legislación forestal de los países centroamericanos, tendientes a lograr el manejo y la conservación de los bosques naturales.
- Resaltado la influencia de la tala ilegal en la conservación de los bosques y señalado los factores que la propician y la estrategia de acción para su control.

1.5 Características del aprovechamiento convencional

Entre las características más relevantes del aprovechamiento forestal en los bosques húmedos tropicales de la región centroamericana se tienen las siguientes (Cordero 1989, Carrera y Pinelo 1995, Venegas y Louman 2001):

- **Carácter destructivo.** La extracción convencional de unos pocos árboles trae como consecuencia la destrucción de gran parte del recurso, a la vez que pone en peligro el manejo futuro del bosque debido a su incapacidad de seguir produciendo cosechas sostenibles. Esta situación se atribuye a la falta de planificación y control de las operaciones y escasa participación del Estado, ya que se establecen muchos requisitos para otorgar los permisos pero el control es casi nulo. Como se dijo, en la mayoría de los casos el maderero no es el dueño del bosque, por lo que le importa poco la condición en que quede el mismo al acabar las operaciones. Con la inclusión de la regencia y la adopción de prácticas mejoradas de aprovechamiento y algunos lineamientos silviculturales se está logrando revertir esta situación (ver también Capítulo 12).
- **Alto porcentaje de cambio de uso de la tierra.** Un alto porcentaje de las operaciones se realizan en pequeñas propiedades y tienen como consecuencia final el cambio de uso de la tierra. Los bajos precios por la madera en pie, los trámites infinitos y el mal estado del bosque después de un aprovechamiento tradicional hacen que muchos propietarios decidan cambiar el uso de la tierra de bosque a agricultura o ganadería. Si bien el cambio de uso no está permitido sin previos estudios técnicos y aprobación del Estado, esto se vienen realizando con absoluta impunidad en la mayoría de los países de la región. Aunque se trabaja con planes de manejo para autorizar el aprovechamiento y transporte de la madera, esto no garantiza la permanencia del bosque; tales planes de manejo son, entonces, simples requisitos legales para aprovechar “legalmente” la madera. El cambio de uso de los bosques puede considerarse una de las amenazas más serias para el manejo forestal sostenible.
- **Escasa integración bosque – industria.** En la mayoría de los casos, los bosques no son propiedad de la industria, por lo que esta depende de intermediarios para el abastecimiento de materia prima; la empresa compra la madera en pie cuando cuenta con su propio equipo de extracción para ejecutar las operaciones de aprovechamiento. Esto se traduce en un bajo interés por parte de los industriales en manejar los bosques, a pesar de que ellos van a ser los primeros afectados con la desaparición de los bosques. Aún en aquellos casos en que la empresa es propietaria del bosque, se observa casi el mismo resultado que en terrenos que no son propios. Últimamente, sin embargo, se ve un cambio paulatino en la actitud de los empresarios debido a que cada vez es más difícil conseguir la materia prima necesaria, y a la presión nacional e internacional por generar materia prima en bosques bien manejados.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- **Empleo de maquinaria obsoleta y subutilizada.** La mayoría de la maquinaria pesada que se utiliza en las operaciones de arrastre (*skidder* o tractor de oruga) son equipos viejos y obsoletos, a veces con más de dos décadas de uso. Como consecuencia, la maquinaria es subutilizada debido a desperfectos mecánicos; si a esto sumamos la mala planificación del aprovechamiento, la situación se vuelve crítica. El porcentaje de utilización se calcula entre 45-50%, con mínimos de hasta 25-30% si la lluvia dificulta las condiciones de trabajo. Por lo general, los madereros no invierten en la renovación de su parque automotor debido a las restricciones en las operaciones de extracción y los bajos márgenes de ganancia; se crea así un círculo vicioso de cada vez menos ganancias y menos opciones para invertir en el mejoramiento de la producción. Lo mismo ocurre en la industria donde, con pocas excepciones, se trabaja con maquinaria y equipo viejo y obsoleto.
- **Baja utilización del potencial del bosque.** A pesar del gran número de especies forestales presentes en los bosques tropicales son relativamente pocas las especies que se aprovechan, por lo que la presión sobre las especies de más valor comercial es cada vez mayor. Como se dijo, el valor de un árbol varía dependiendo del país o de la región dentro de un mismo país. Por ejemplo, en La Mosquitia o Petén, el aprovechamiento se concentra en caoba (*Swietenia macrophylla*) mientras que en otros sitios con mejor acceso, el número de especies comerciales es mucho mayor como es el caso de Costa Rica.
- **Operación durante la época de menor precipitación.** Las operaciones de arrastre mecanizado se concentran en la época ‘seca’ que, en la región, es muy corta. Esto obliga a los madereros a tratar de sacar lo más posible en el menor tiempo; por ello, la extracción se concentra en los individuos más grandes y mejor formados de las especies más valiosas. Durante la temporada de lluvias la maquinaria se somete a mantenimiento y reparación o se dedica a otro tipo de labores, de ahí la preferencia por el tractor a orugas, que a pesar de ser más lento es más versátil que el tractor forestal articulado (*skidder*).
- **Desperdicio excesivo.** De la madera cortada se extraen solamente trozas de largos definidos; lo demás (puntas y ramas gruesas) se deja en el bosque pues el maderero prefiere utilizar el tiempo disponible en sacar árboles de mayores dimensiones que incrementen la producción diaria. La cantidad de desperdicios puede alcanzar hasta 20-30% del volumen aprovechado, a lo que hay que agregar la gran cantidad de madera perdida por errores de tala (Capítulo 8)
- **Malas condiciones de trabajo para los operarios.** La actividad de aprovechamiento forestal es una de las más peligrosas y peores remuneradas en los trópicos (Kaimowitz 2002). Los motosierristas rara vez llevan el equipo mínimo de seguridad (cascos, botas con punta de acero, pantalones especiales para evitar cortes, cuñas, etc.). La mayoría de los campamentos de extracción no cuentan ni siquiera con letrinas, ni camas, y la comida deja mucho que desear (Capítulo 11).

En esta sección hemos:

- Señalado las características del aprovechamiento convencional.



1.6 Tendencias del aprovechamiento de impacto reducido

El término aprovechamiento de impacto reducido (AIR), también conocido como aprovechamiento de bajo impacto, apareció por primera vez en las publicaciones forestales a principios de los 80. En la actualidad, se ha difundido ampliamente al punto de llegar a ser parte de muchos normativos técnicos y legales y del lenguaje técnico forestal (Dykstra 2001). Un aspecto que vale la pena destacar es el hecho de que instituciones de corte conservacionista tradicionalmente opuestas al aprovechamiento forestal, como el Fondo Mundial para la Conservación (WWF) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), han evolucionado en su pensamiento y ahora concuerdan con el manejo forestal –y por ende con las prácticas de AIR– en la lucha contra la deforestación. Incluso organizaciones más radicales como Greenpeace han manifestado públicamente su apoyo a la certificación forestal y tácitamente a las prácticas de AIR.

El AIR consiste en la implementación de operaciones de extracción cuidadosamente planificadas y controladas en el campo, a fin de reducir al mínimo el impacto sobre el bosque residual y el suelo (Bull *et al.* 2001). El AIR implica pequeños cambios en relación con el aprovechamiento convencional, pero con grandes repercusiones en cuanto a la disminución del impacto negativo al bosque remanente. Aunque varía un poco con la situación específica de cada lugar, en términos generales el AIR toma en cuenta aspectos como los siguientes (Machfudh *et al.* 2001, Dykstra 2001):

- Elaboración de mapas para ubicar los árboles que se van a extraer, las principales características del terreno y las áreas de protección.
- Planificación y construcción adecuada de caminos, pistas de arrastre y ubicación de patios de montaña.
- Corte de lianas y bejucos cuando se considere que su presencia puede incrementar los daños durante la extracción.
- Empleo de técnicas de tala dirigida y correcto troceo de los fustes.
- Arrastre de las trozas desde las pistas, tratando de reducir la presencia del tractor en el bosque.
- Protección de la capa vegetal y de los cursos de agua mediante la reducción del uso de la pala del tractor, el establecimiento de drenajes transversales en la red vial y zonas de amortiguamiento cerca de los cursos de agua y la detención de las operaciones cuando llueve.

Nótese que poco tiene que ver con el tipo de maquinaria, sino más bien con el uso de la maquinaria. Todos estos aspectos y otros más van a ser desarrollados a profundidad en los siguientes capítulos.

En la última década en América Central ha habido cambios respecto al aprovechamiento convencional y se puede decir sin temor a equivocarnos que en muchos sitios de Centroamérica se practica el AIR. Quizás, el cambio más relevante ha sido la planificación de las operaciones a través de los censos comerciales que permiten un mejor diseño de caminos y vías de extracción. Las prácticas de AIR son cada vez más comunes, ya sea como una condición de la certificación o una obligación legal del productor ante el Estado, o simplemente porque los madereros se están dando cuenta de las bondades de realizar un aprovechamiento planificado.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Se piensa que el AIR es más costoso que el aprovechamiento convencional. Bull *et al.* (2001) analizaron 266 publicaciones que tratan de AIR y llegaron a las siguientes conclusiones:

- El AIR es más costoso que el aprovechamiento tradicional si solamente se consideran los costos operativos y una perspectiva a corto plazo.
- El AIR tiene un menor efecto sobre el bosque remanente y resulta en una menor apertura del dosel. Esto mejora la regeneración y, en algunos casos, permite acortar el ciclo de corta o aumentar el aprovechamiento volumétrico en la segunda cosecha.
- El AIR aumenta el volumen de madera por árbol aprovechado, reduce el porcentaje de trozas perdidas y aumenta la productividad y los ingresos.

Los autores concluyen que si se consideran las consecuencias económicas de los daños al bosque y una mayor recuperación de madera extraída, el AIR es económicamente competitivo con el aprovechamiento convencional. Machfudh *et al.* (2001) manifiestan que es importante diferenciar entre el costo de introducción del AIR y su costo de aplicación continua. Los costos iniciales que se precisan para la capacitación inicial y los cambios en el régimen de manejo y los procedimientos de operación pueden ser altos, pero estos traerán un retorno duradero que permitirá aumentar la productividad y la eficiencia en un tiempo reducido antes del siguiente aprovechamiento.

Los mismos autores indican, sin embargo, que aun no existen protocolos para evaluar el AIR y que por esta razón sus datos sólo son indicativos. Los efectos económicos a corto plazo aún no han sido bien establecidos y pueden variar de una situación a otra. Un estudio durante cuatro años en Guyana demostró que los costos iniciales pueden ser altos debido a la falta de capacitación, pero que en el tiempo, cuando se tenga mayor experiencia y capacitación, los beneficios económicos y ecológicos se incrementan (ECTF 2000). También hay estudios que demuestran que la sola incorporación de una mejor planificación del aprovechamiento puede reducir los costos, particularmente en operaciones en áreas extensas, donde el riesgo de perder madera talada es mayor (Quevedo 1997).

Los cambios en las normativas, la presión de los grupos conservacionistas y público en general, el aumento en la eficiencia de las operaciones, la reducción de los costos a largo plazo y mejoras en la comercialización a través de la certificación serán las que convencan a los productores de las bondades de adoptar las prácticas de AIR. Es esencial contar con una fuerza laboral capacitada a fin de mejorar las prácticas de aprovechamiento forestal. No obstante, la capacitación por sí sola no es suficiente y debe ir acompañada de supervisión y monitoreo constante (Andrewartha 2001, Dykstra 2001). Es importante enfatizar que el AIR es un componente importante del manejo sostenible de los bosques pero no la solución, ya que el problema es mucho más complejo (Leslie 2001).

En esta sección hemos:

- Definido y caracterizado el aprovechamiento de impacto reducido (AIR).
- Señalado las ventajas del AIR en relación con el aprovechamiento convencional.



1.7 Bibliografía

- Andrewartha, R. 2001. La capacitación para alcanzar la certificación. *Actualidad Forestal Tropical* 9(2):14-15.
- Aus der Beek, R; Sáenz, G. 1997. Impacto de las intervenciones silviculturales en los robledales de altura: estudio de caso en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana* 17(5):30-37.
- Blaser, J; Camacho, M. 1991. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de robles (*Quercus* spp.) del piso montano en Costa Rica. 185. Turrialba, CR, CATIE. 67 p. (Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 1. Serie Técnica. Informe Técnico no. 185).
- Budowski, G. 2002. Análisis y diseño de políticas forestales y recursos naturales. *Revista Forestal Centroamericana* 37:60-64.
- Bull, GQ; Pulkki, R; Killmann, W; Schwab, O. 2001. Una investigación de los costos y beneficios de la extracción de impacto reducido. *Actualidad Forestal tropical* 9(2):12-13.
- Calvo, J. 2000. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica. PROARCA/CAPAS.
- Campos, J. 2002. Certificación forestal y criterios e indicadores. XIV Curso Intensivo Internacional de Manejo Diversificado de Bosques Naturales Tropicales [20 de agosto- 20 de setiembre, 2002]. Turrialba. Costa Rica, CATIE. sp.
- ____; Camacho, M; Villalobos, R; Rodríguez, C; Gómez, M. 2001. La tala ilegal en Costa Rica; un análisis para la discusión [Informe preparado por el CATIE a solicitud de la Comisión de Seguimiento del Plan Nacional de Desarrollo Forestal]. Turrialba, Costa Rica, CATIE. sp.
- Carrera, F; Pinelo, G. 1995. Prácticas mejoradas para aprovechamientos forestales de bajo impacto. Turrialba, Costa Rica, CATIE/CONAP. 60 p. (Informe Técnico no. 262. Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya no. 1).
- CCAD (Comisión Centroamericana del Ambiente y Desarrollo). 1998. Estado del ambiente y los recursos naturales en Centroamérica. San José, Costa Rica, CCAD. 179 p.
- Cordero, W. 1989. Aprovechamiento forestal. Cartago, Costa Rica, ITCR. 101 p. (Serie de Apoyo Académico no. 8).
- Cruz, A; Farina, G; Centeno, G. 2001. Análisis de la información sobre productos forestales madereros en los países de América Central. Proyecto Información y análisis en el manejo forestal sostenible (GCP/IRLA/133/EC) Santiago de Chile.
- Dawkins, HC; Philip, MS. 1998. Tropical moist forest silviculture and management. A history of success and failure. Wallingford, United Kingdom. CAB International. 359 p.
- Dykstra, D. 2001. Ideas antiguas y nuevas sobre la extracción de impacto reducido. *Actualidad Forestal Tropical* 9(2):34.
- ECTF (Edinburgh Centre for Tropical Forests). 2000. Report by Edinburgh Centre for Tropical Forests on reduced impact logging research: activities and outputs for the Barama Company Limited. Edinburgh, United Kingdom, LTS International. 43 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001. Situación de los bosques del mundo 2001. Roma, Italia, FAO. 175 p.
- Forbes, A. 1998. Plan de manejo Lisangni, comunidad de Layasiksa. Puerto Cabezas/Bilwi, Nicaragua, FADCANIC. sp.
- Holdridge, LR; Lamb, FB; Mason, B Jr. 1950. Los bosques de Guatemala; informe general de silvicultura, manejo y posibilidades industriales de los recursos forestales de Guatemala. Turrialba, Costa Rica, Instituto de Fomento de la Producción/Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 174 p.
- Jiménez, J. 1994. Los manglares del Pacífico Centroamericano. Heredia, CR, Editorial Fundación UNA. 336 p.
- Kaimowitz, D. 2002. Pobreza y bosques en América Latina: una agenda de acción. Ponencia magistral ante el II Congreso Forestal Latinoamericano (CONFLAT), Guatemala, 1-3 agosto 2002. 6 p.
- ____; Angelsen, A. 1998. Economic models of tropical deforestation; A review. Bogor, Indonesia, CIFOR. 139 p.
- Lamb, FB. 1966. Mahogany of tropical America; Its ecology and management. Ann Arbor, USA, The University of Michigan Press. 220 p.
- Leslie, A. 2001. El problema con la extracción de impacto reducido; punto de vista. *Actualidad Forestal Tropical* 9(2):32.
- Louman, B; Villalobos, R. 2001. El desafío de la tala ilegal en América Latina tropical. *Revista Forestal Centroamericana* 35:6-12.
- Machfudh, P; Sist, P; Kartawinata, K; Efransjah. 2001. Un cambio de actitud en el bosque. *Actualidad Forestal Tropical* 9(2):10-11.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

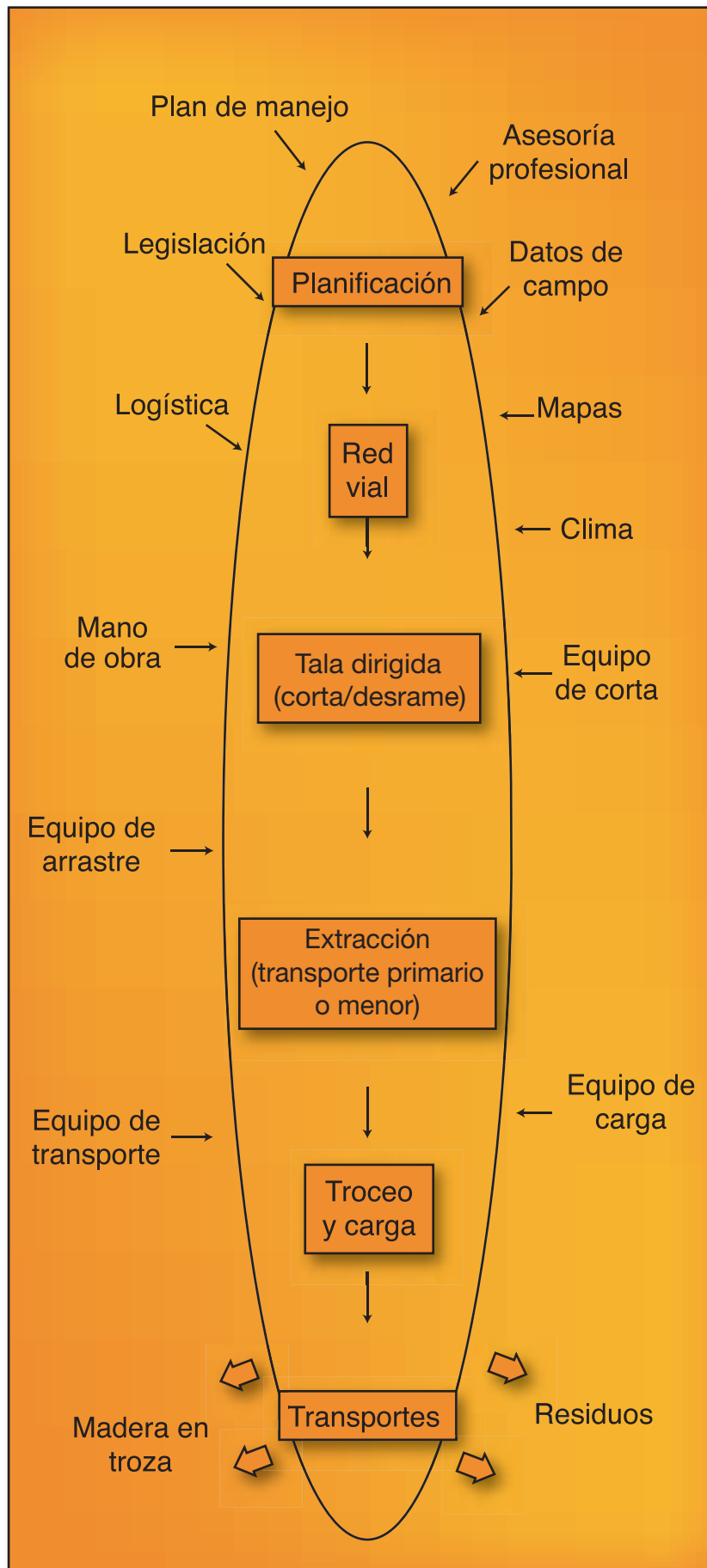
- Mainardi, V. 1996. El manglar de Térraba-Sierpe en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 91 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 284).
- Marmillod, D; Cajina, O; Paniagua, C; Sediles, E. 2001. Elementos técnicos, económicos y sociales para el manejo forestal de los manglares de la costa pacífica norte de Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, CATIE/IDR. 110 p. (Serie Técnica, Informe Técnico no. 319).
- Méndez, J. 1999. El Plan de manejo desde la perspectiva de CODEFORSA. *Revista Forestal Centroamérica* 25:29-32.
- Muñoz, R. 1997. Aplicación de la regencia forestal al manejo y aprovechamiento del bosque natural: caso de Costa Rica. *In* Simposio Internacional sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical. (1997, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia). Memoria. Santa Cruz de la Sierra, BO. p. 166-175.
- Nasi, R; Wunder, S; Campos, JJ. 2002. Servicios de los ecosistemas forestales ¿Podrían ellos detener la deforestación? Turrialba, Costa Rica, CATIE. 37 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 331. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 28).
- Obando, G; Louman, B. 2001. Uso de herramientas electrónicas en la planificación del manejo y el aprovechamiento. *El plan operativo del aprovechamiento. Manejo Forestal Tropical* 19. 8 p
- Orozco, L. 1991. Estudio ecológico y de estructura horizontal de seis comunidades boscosas de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 34 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 176. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 2).
- Ortiz, S. 2000. Una experiencia exitosa en comercialización por un grupo comunitario. *Revista Forestal Centroamericana* 31:29-33.
- Poore, D; Burgess, P; Palmer, J; Rietbergen, S; Synnott, T. 1989. No Timber Without Trees: Sustainability in the Tropical Forest. London, United Kingdom, Earthscan. 252 p.
- Putz, FE; Dykstra, DE; Heinrich, R. 2000. Why poor logging practices persist in the tropics. *Conservation Biology* 14 (4):951-956.
- Quevedo, RC. 1997. Evaluación financiera de la planificación para el aprovechamiento forestal en Santa Cruz, Bolivia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 81 p.
- Ramírez, LF. 1997. La regencia forestal. San José, CR, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica. 10 p.
- Rodríguez, J. 2002. Los servicios ambientales del bosque: el ejemplo de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana* 37:47-53.
- Segura, O; Kaimowitz, D; Rodríguez, J. 1997. Políticas forestales en Centroamérica: análisis de las restricciones para el desarrollo del sector forestal. IICA-Holanda/Laderas CA/Frontera Agrícola. San Salvador, EDICPSA. 348 p.
- Serrano, O; Morales-Gamboni, J; Carneiro, C. 2002. La información forestal-base para las tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina y el Caribe. Ponencia ante el II Congreso Forestal Latinoamericano (CONFLAT), Guatemala, 1-3 de agosto 2002.
- Smith, W. 2002. El problema mundial de la extracción ilegal. *Actualidad Forestal Tropical* 10(1):2-5.
- Stadtmüller, T. 1987. Los bosques nublados en el trópico húmedo tropical. Turrialba, CR, CATIE/University of the United Nations. 85 p.
- _____. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales; medidas para mitigarlo.. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 246. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 10).
- Tanner, H. 2000. Problemática forestal en Centroamérica desde la perspectiva del aprovechamiento forestal. Turrialba, CR, INTERCOOPERATION/CATIE. 33 p. (Informe técnico no. 11).
- Venegas, G; Louman, B. 2001. Aprovechamiento de impacto reducido como tratamiento silvicultural en un bosque montano de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 55 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 325. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 23).
- Vidaurre, JC. 1995. Plan de manejo "La Mónica". Managua, Universidad Centroamericana, Proyecto Madera-Silvicultura.

Capítulo 2

Sistemas de aprovechamiento forestal

- 2.1 Introducción
- 2.2 Sistema de aprovechamiento forestal
 - 2.2.1 El aprovechamiento como un sistema dentro del ciclo de carbono
- 2.3 Sistemas abiertos y cerrados
- 2.4 Variabilidad de los sistemas de aprovechamiento
- 2.5 Objetivos del sistema
- 2.6 Etapas del sistema de aprovechamiento
 - 2.6.1 Planificación
 - 2.6.2 Planificación y construcción de la red vial
 - 2.6.3 Tala dirigida, desrame y descope
 - 2.6.4 Transporte menor
 - 2.6.5 Troceo
 - 2.6.6 Carga
 - 2.6.7 Transporte mayor
 - 2.6.8 Capacitación
 - 2.6.9 Monitoreo
- 2.7 Ejemplo de una definición del sistema de aprovechamiento
- 2.8 Bibliografía

Alejandro Meza
Fernando Carrera
Bastiaan Louman



La aplicación del enfoque de sistemas al estudio del aprovechamiento forestal nos ayuda a ver la complejidad del aprovechamiento, al identificar todos los componentes que llevan a un objetivo común: la cosecha de la madera causando poco impacto al bosque y las relaciones entre estos componentes.

2.1 Introducción

Un sistema es un conjunto de factores, pasos, etapas o acciones relacionados en forma ordenada para lograr objetivos predeterminados. Cada sistema tiene una estructura y una función de carácter estático o dinámico (Waaijenbergh 1992). Esta definición de sistema es aplicable a innumerables procesos productivos en el mundo. Así, por ejemplo, la tala dirigida es parte del sistema de aprovechamiento forestal de impacto reducido y este a su vez es parte fundamental del sistema de manejo forestal sostenible. La tala dirigida, como (sub)sistema, contiene actividades como la evaluación del árbol, la preparación de senderos de escape, la preparación de la tala y la tala misma, todas orientadas a aprovechar al máximo la madera del árbol, de forma segura y con un mínimo de daños a la vegetación remanente (su función). La estructura es la interrelación entre las actividades y el orden cronológico en que se desarrollan. Los sistemas son estáticos porque es posible describirlos en un momento dado, y a la vez dinámicos porque la forma de realizar las actividades y los resultados que se obtengan serán diferentes en cada tala, según las condiciones locales en el momento específico de la tala.

El presente capítulo busca conceptualizar el aprovechamiento forestal de impacto reducido, visto como un sistema dentro de un agregado mayor: el sistema de manejo forestal. Los principales componentes del sistema serán analizados en términos generales en este capítulo, pero serán tratados con mayor detalle posteriormente.

2.2 Sistema de aprovechamiento forestal

La aplicación del enfoque de sistemas al estudio del aprovechamiento forestal nos ayuda a ver la complejidad del aprovechamiento, al identificar todos los componentes que llevan a un objetivo común: el aprovechamiento de la madera causando poco impacto al bosque y las relaciones entre estos componentes. Este enfoque nos obliga a ver todo el cuadro y acercarnos al objeto de estudio desde diferentes ángulos: técnico (cómo hacer las cosas para que funcionen), administrativo (organización del trabajo), social (seguridad del personal, motivación), económico (rendimiento, costos y beneficios), ecológico (reducir los impactos sobre el ambiente) y legal (cumplir con normas y leyes), y así construir un modelo de la realidad del aprovechamiento. Este modelo puede ser muy complejo, con muchos detalles de todos los componentes y sus relaciones, o sencillo, con sólo los componentes y las relaciones que podrían influir en los aspectos que uno quiere estudiar del sistema. Por ejemplo, para un estudio del impacto ambiental del aprovechamiento se pueden definir estándares complejos, que midan la biodiversidad, la calidad del agua, la pérdida de suelo, etc.; o bien considerar únicamente los indicadores que miden si las actividades cumplen con normas predeterminadas (ver Capítulo 13 sobre monitoreo).

Para el estudio de (sub)sistemas es muy importante definir bien los límites del (sub)sistema, según los objetivos del estudio. En el caso de que haya problemas en la tala de los árboles –por ejemplo, la cantidad de madera cortada es mucho menor que la proyectada por el censo comercial (Capítulo 3)– no hay necesidad de revisar todo el sistema de aprovechamiento; solo es necesario verificar los componentes de planificación y tala, y sus límites.



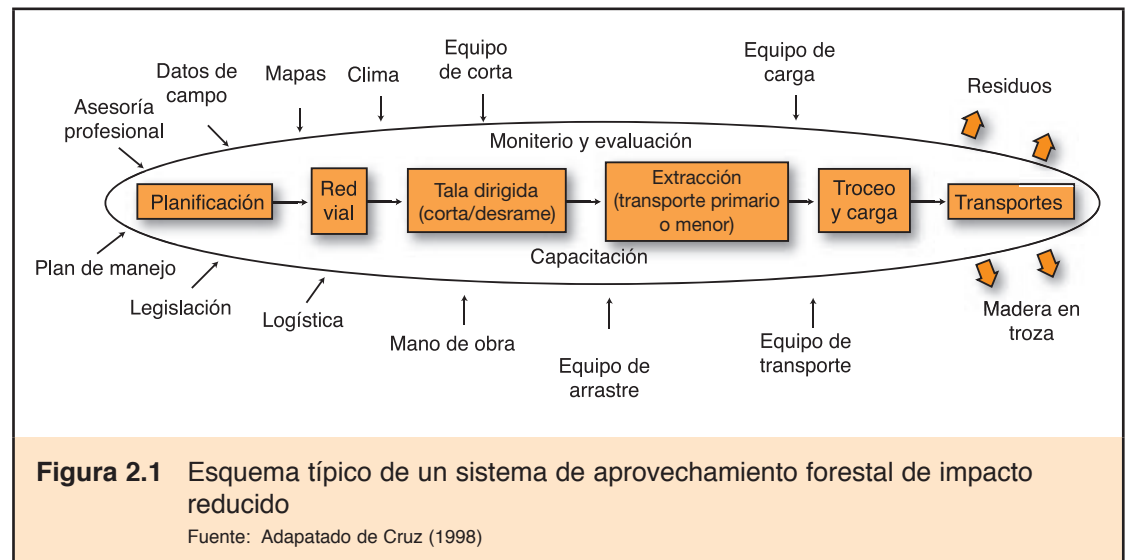
El modelo de sistema de aprovechamiento forestal debe adecuarse a las condiciones del bosque y a las necesidades específicas de la operación.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En el caso de la planificación se revisan las actividades de campo del censo, el procesamiento y la interpretación de los datos. En el subsistema de tala se incluyen el uso del mapa, el listado de árboles del censo y todas las actividades hasta la medición del volumen cortado.

El modelo de sistema de aprovechamiento que se ha construido para el propósito de este libro (Fig. 2.1 y ejemplo en Recuadro 2.1) es un modelo técnico que describe los componentes del sistema de aprovechamiento en forma cronológica (capítulos 3 a 9), seguido por una discusión de otros aspectos del sistema: aspectos económicos (Capítulo 10), aspectos sociales (Capítulo 11) y aspectos ecológicos (capítulos 12 y 13). Los aspectos administrativos y legales no son menos importantes; por eso se los menciona en los momentos oportunos en el texto.



Cómo en todos los sistemas de producción forestal, la materia prima está viva (el árbol), crece todos los días y requiere de actividades de manejo para lograr su óptimo aprovechamiento. Esto obliga a manejar un sistema flexible que permita ajustarse a posibles cambios de variables exógenas, tales como clima, plagas y enfermedades, desastres naturales (incendios, huracanes, etc), entorno social y cultural, cambio en las condiciones de mercado, entorno económico, entre otras. Significa también que el modelo que describe el sistema de aprovechamiento debe permitir cierta flexibilidad y el contenido de cada componente debe ajustarse a las condiciones locales. El componente de arrastre, por ejemplo (Capítulo 6), puede implementarse en forma convencional con un tractor de oruga para remolcar los fustes desde el tocón. En condiciones muy húmedas, como la zona noreste de Costa Rica, el tractor tiende a atascarse por lo que después de pruebas con diferentes equipos se empezó a usar cables de hasta 200 metros de largo (Solano, com. pers¹), por lo menos durante las épocas más húmedas.

¹ G. Solano. Director de Operaciones. FUNDECOR/PORTICO, Guápiles, Costa Rica. Agosto 2002

Un aspecto importante del estudio de sistemas es la definición de sus actores. Los principales actores en la mayoría de los sistemas de producción forestal son los productores o dueños del bosque, el Estado, las empresas privadas, las organizaciones no gubernamentales (ONG), las universidades y los centros de investigación. Aunque pueden trabajar con el mismo sistema, su interpretación del mismo puede variar. Lo que parece factible para uno de los actores, no necesariamente lo es para otro. La protección de una parte de una Unidad de Manejo Forestal (UMF) puede ser atractiva para el Estado, por ejemplo, porque ayuda a mantener la calidad del agua potable de una comunidad, pero no necesariamente lo es para el dueño del bosque si no recibe ninguna compensación por los ingresos que deja de percibir por no poder aprovechar la madera en esa parte de la UMF. En consecuencia, hay que desarrollar y validar el sistema con la participación de los diferentes actores involucrados o afectados por las actividades del mismo.

Los sistemas de aprovechamiento forestal varían mucho de país en país, e incluso dentro de un mismo país o región. Por ejemplo, en Petén existen grupos concesionarios que aprovechan la madera con motosierras con marco; otros prefieren aserrar la madera por medio de aserraderos portátiles, mientras que la mayoría extraen la madera en trozas en forma mecanizada para ser procesada fuera del bosque. En la comunidad de Toncontín en Honduras han evolucionado de un sistema de aserrío manual con sierra de viento, al aserrío de tablones con motosierra con marco y transporte con mulas o fuerza humana. En Nicaragua predomina la extracción mecanizada con tractor forestal articulado, mientras que en Costa Rica predomina el uso del tractor de oruga.

Cualquiera que sea la modalidad de extracción, el sistema de operar generalmente está conformado por siete etapas básicas, las cuales tienen un orden específico: 1) Planificación, 2) Red vial, 3) Tala dirigida, 4) Extracción, 5) Troceo, 6) Carga, 7) Transporte secundario. Estas actividades se complementan con el monitoreo y capacitación que debe darse en todas las etapas (Fig. 2.1).

El orden consecutivo de las etapas corresponde al momento de su aparición en la cadena. Es claro que debe existir una verdadera interrelación entre estas etapas si se quiere lograr el objetivo planificado. La ventaja de conceptualizar el aprovechamiento como un sistema radica en que la empresa u organización responsable del aprovechamiento logra crear una estructura de servicio a través de todas las etapas; es decir, una verdadera relación funcional entre las etapas que conforman el sistema productivo. Por ejemplo, la corta de los árboles siempre debe hacerse en función del sistema de arrastre; el troceo de los árboles debe hacerse según los medios de transporte disponibles; la ubicación del patio de carga debe estar en función del tipo de maquinaria que se va a emplear, y el tamaño del patio en función de volumen a extraer y del sistema de carga de los camiones.

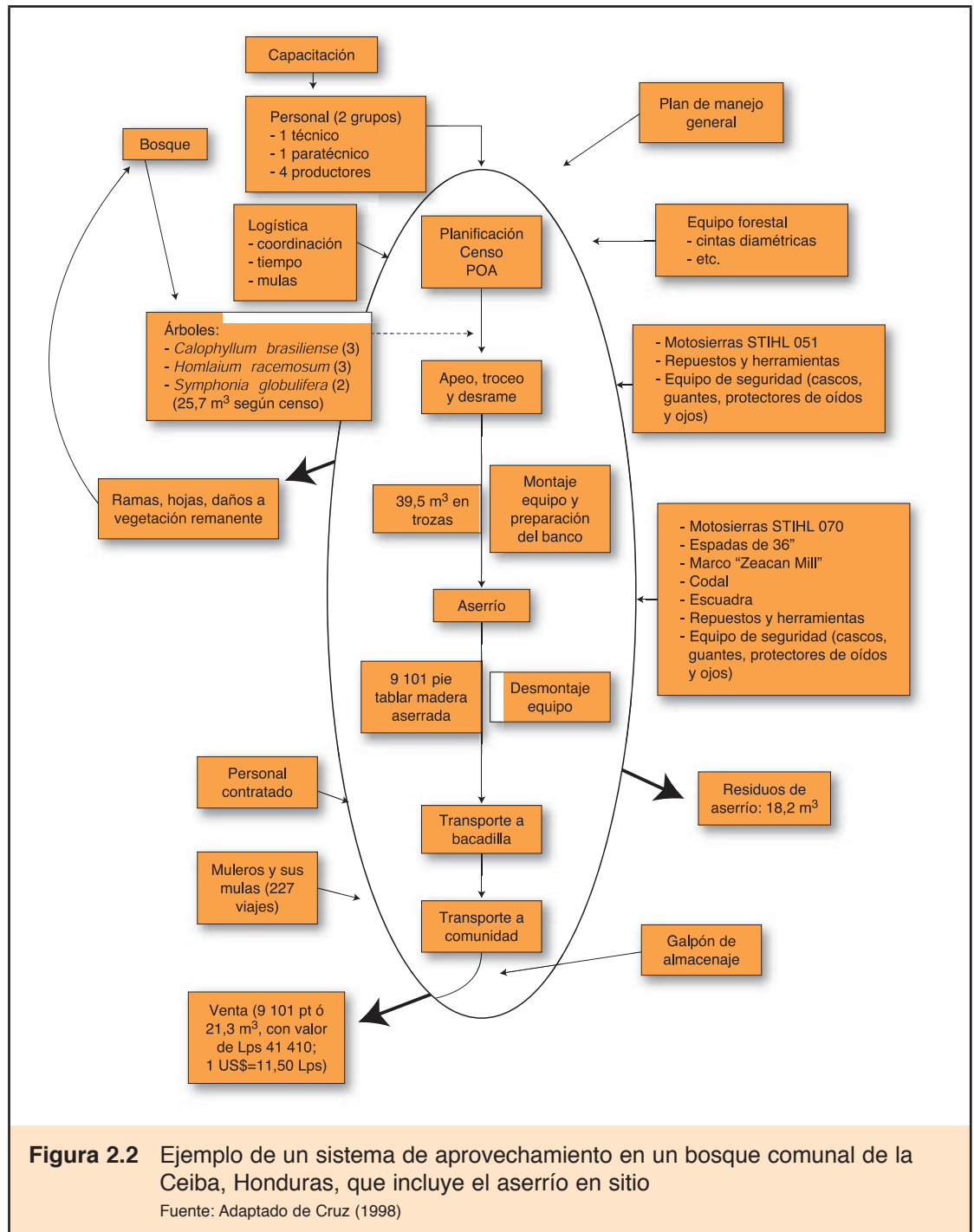
Todos los sistemas tienen entradas y salidas. En el caso de los sistemas de aprovechamiento, las entradas son la materia prima, ya sea en rollo o bloques de madera aserrada, energía, insumos, tecnología, mano de obra; las salidas pueden representarse como el producto terminado, los residuos y el bosque mismo (Fig. 2.1 y Fig. 2.2). La madera en pie es una entrada del sistema de aprovechamiento que cambia su valor al recibir una gran cantidad de trabajo, como la aplicación de métodos de extracción y el uso de máquinas para trasladar esa materia prima desde el bosque hasta el lugar de procesamiento.



En la definición de un sistema de aprovechamiento forestal debe considerarse el punto de vista de todos los actores involucrados.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales



2.2.1 El aprovechamiento como un sistema dentro del ciclo de carbono

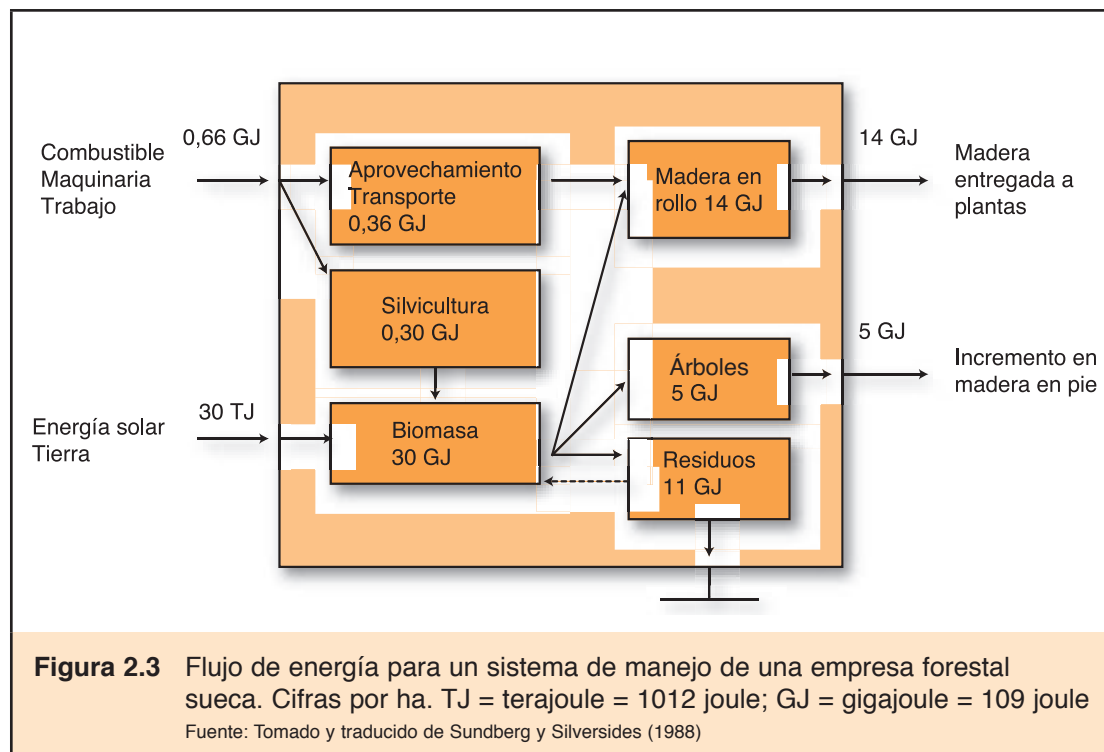
El estudio de sistemas a menudo se emplea para analizar el flujo de energía (Sundberg y Silversides 1988). En el contexto de fijación y almacenamiento de carbono este tipo de análisis podría ser importante. Algunos estudios muestran, por ejemplo, que el carbono fijado en un bosque aprovechado se encuentra principalmente en los productos durables que se fabrican con la madera; lo que el bosque crezca después del aprovechamiento apenas es suficiente para recuperar lo que se sacó (Nabuurs *et al.* 2001). Sin embargo, el carbono se libera si se utiliza energía para aprovechar la madera, particularmente si la energía proviene de derivados del petróleo. Un sistema ineficiente en el uso de energía, entonces, sería un sistema poco apropiado para la fijación de carbono.

Un modelo de sistema de aprovechamiento en forma de flujo de energía podría, entonces, ayudarnos a entender mejor el flujo de carbono dentro del sistema; en especial si hay factores de conversión de energía en liberación (en el caso de utilizar la energía) y fijación (en caso de producción de madera) de carbono.

La Fig. 2.3 muestra un ejemplo de un sistema energético para una empresa forestal en Suecia. En este caso se han ampliado los límites del sistema a todas las actividades de la empresa; es un sistema de manejo, más que de aprovechamiento.



El carbono fijado en un bosque aprovechado se encuentra principalmente en los productos durables que se fabrican con la madera.





Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En términos de energía, el manejo es una actividad muy eficiente, aún sin tomar en cuenta la energía solar (gratuita y no libera carbono). El insumo de energía es sólo 5% (0,66 GJ) de la salida (14 GJ). El manejo, entonces, podría ser atractivo en términos de fijación de carbono. Por otro lado, si se ampliara el sistema para incluir todo el flujo de carbono (transformación de madera, residuos, transporte y uso y durabilidad del producto) y tomando en cuenta el uso del carbono en forma de combustibles en todos los componentes del sistema, podría resultar poco eficiente pues utiliza más carbono del que se logra fijar.

En esta sección hemos:

- Aplicado el enfoque de sistemas al aprovechamiento forestal de impacto reducido (AIR).
- Explicado la importancia de una buena definición de los límites de los diferentes (sub)sistemas del AIR.

2.3 Sistemas abiertos y cerrados

Los sistemas cerrados, llamados también **sistemas mecánicos**, operan con relaciones pre-determinadas de causa y efecto; es decir, con determinadas entradas se producen determinadas salidas. Por ejemplo, un aserradero con una cierta cantidad de madera en troza produce una cierta cantidad de madera aserrada de una calidad determinada, ya que el rendimiento de la tecnología que utiliza es conocido.

Los sistemas abiertos, o **sistemas orgánicos**, funcionan dentro de relaciones de causa y efecto desconocidas y no determinadas desde el punto de vista probabilístico, además, mantienen una relación con el ambiente muy intensa y no determinada. Su gran cantidad de entradas y salidas no conocidas ni determinadas lo hacen muy complejo y difícil de representar en forma gráfica.

El aprovechamiento de impacto reducido en bosques tropicales es un sistema de producción abierto, ya que tiene muchas entradas exógenas y endógenas.

El aprovechamiento de impacto reducido en bosques tropicales es un sistema de producción abierto, ya que tiene muchas entradas. Desde el punto de vista endógeno (i.e. controlable dentro del marco del sistema) se pueden mencionar entradas como las políticas de manejo, la mano de obra en cada etapa, la maquinaria y su fuente de energía, la asesoría profesional, los árboles a cortar, los documentos de planificación (mapas, planes), etc. Desde el punto de vista exógeno (el control sobre estos factores está fuera del alcance del sistema), también existen entradas que limitan o regulan severamente la operación del sistema, tales como lluvias e inundaciones, la topografía del terreno, las normativas nacionales e incluso tratados y convenios internacionales, los precios de mercado, el control estatal, entre otras.

En esta sección hemos:

- Establecido que el AIR corresponde a un sistema de producción abierto.

2.4 Variabilidad de los sistemas de aprovechamiento



La descripción gráfica del sistema de aprovechamiento en la Fig. 2.1 se refiere a un sistema típico, en el que una empresa maderera realiza la operación extractiva. Para este mismo esquema se pueden dar variaciones que se introducen al sistema para facilitar la operación. Por ejemplo, el troceo podría realizarse tanto al pie del tocón como en el patio de carga; es decir, antes o después de la etapa de arrastre. En todos los países centroamericanos se presentan variaciones al sistema presentado, ya sea por no contar con tecnología disponible, por escasez de materia prima, por falta de acceso a los mercados, por falta de mano de obra, por dificultades topográficas, etc.

Estas variaciones del sistema representan, la mayoría de las veces, la inserción de más etapas en el sistema de producción de madera. Por ejemplo, en algunas unidades de manejo en Centroamérica, el árbol se procesa en el bosque con aserraderos portátiles, los cuales, aunque no tienen buenos rendimientos, permiten obtener productos con dimensiones bastante precisas. Una variante es el aserrío de trozas con motosierra de marco, la cual resulta una alternativa interesante en aquellos sitios donde se dificulta el ingreso de maquinaria pesada, como en muchas unidades de manejo en Honduras (Fig. 2.2). Al realizar todo o parte del proceso en el mismo sitio, se evita el movimiento de residuos, con la consecuente disminución en los costos totales.

En este caso, se incorpora una etapa en el sistema que se podría denominar “aserrío primario”. De esta forma, luego de la corta del árbol, se ejecuta el desrame y el troceo, luego el aserrío y posteriormente se arrastran o transportan los productos a un patio de carga o depósito.

Otro caso es la producción de carbón vegetal como parte del sistema de aprovechamiento forestal. El árbol se corta, si es posible, se aprovechan las mejores trozas para aserrío y el resto del árbol se trocea para producir el carbón en el mismo sitio (Recuadro 2.1).





Ejemplo de un sistema de aprovechamiento que incluye tres sub-sistemas (Ss), según el producto: madera en troza para aserrío (Ss1), leña y postes (Ss2), carbón (Ss3). Villa Mills, Cordillera de Talamanca, Costa Rica

Estrategia: Aplicar un sistema de mejoramiento que favorezca a los mejores árboles. El tratamiento silvicultural consiste en la liberación de árboles seleccionados; los árboles talados se aprovechan integralmente.

Productos esperados: madera en trozas, leña para cafetaleros y postes para cercas, carbón para casas, un bosque en mejor estado de salud.

El diagrama de flujo detalla la cadena de valor del sector forestal, organizada en tres secciones principales:

- Ss1 (Planificación y Tala):**
 - Inputs: Biomasa árboles, Personal técnico.
 - Proceso: Planificación (marcación de árboles a eliminar, según necesidades de árboles remanentes) → Tala.
- Ss2 (Procesamiento y Acarreo):**
 - Inputs: Motosierras y operadores, Bosque con mayor vitalidad.
 - Procesos:
 - Tala → Troceo de árboles para aserrío.
 - Tala → Elaboración de leña, postes y carbonos.
 - Troceo de árboles para aserrío → Residuos.
 - Elaboración de leña, postes y carbonos → Residuos.
 - Residuos → Acarreo y apilado con carretilla hasta orilla de pistas.
 - Inputs adicionales: Motosierras, Carretillas, Camión.
- Ss3 (Acarreo y Producción de Carbón):**
 - Inputs: Maquinaria y operadores, Motosierras y operadores.
 - Procesos:
 - Troceo de árboles para aserrío → Arrastre de tucos y fustes con tractor de oruga o "skidder".
 - Arrastre de tucos y fustes con tractor de oruga o "skidder" → Troceo en patio (si fuera necesario).
 - Troceo en patio (si fuera necesario) → Venta, carga y transporte en patio de acopio.
 - Elaboración de leña, postes y carbonos → Venta y transporte de leña y postes en patio de acopio.
 - Acarreo y apilado con carretilla hasta orilla de pistas → Acarreo a sitios de producción de carbón.
 - Acarreo a sitios de producción de carbón → Producción de carbón en carbonera de tierra, venta.
 - Inputs adicionales: Cargador, camiones y operadores.

¹ Fuente: Trabajos realizados bajo supervisión de CATIE en Villa Mills, Cordillera de Talamanca, Costa Rica (G.Venegas, TRANSFORMA-CATIE. Octubre 2002). Venegas y Louman (2001)

Generalmente, en estos casos los productos dimensionados se transportan con carretas tiradas por bueyes y los productos semielaborados, por ejemplo bloques, son arrastrados con bueyes o búfalos, mediante fuerza humana con apoyo de mulas, como en Honduras, o en camioneta ‘pick-up’ que llegan hasta el sitio de aserrío por carriles especialmente abiertos para estos fines, como hasta hace pocos años se realizaban en las concesiones comunitarias en Guatemala. La producción de este sistema es baja, y se usa más que todo en niveles de subsistencia o en comunidades rurales con altos niveles de organización social.

Como se aprecia, existen diferentes sistemas de aprovechamiento forestal según los objetivos y las condiciones de cada sitio específico, pero todos tienen una serie de etapas y cada una cumple con una función sin la cual el sistema no funcionaría. Es como una cadena: el cumplimiento de una función dependerá del desempeño del eslabón anterior.

Generalmente, los sistemas de aprovechamiento se caracterizan por la forma en que salga la madera del bosque (fustes, trozas largas o cortas, bloques o tablas, carbón, leña) y/o por el método de transporte primario y el equipo utilizado (tracción animal, diferentes tipos de tractores).

En esta sección hemos:

- Explicado que el sistema de aprovechamiento es dinámico y que varía con los objetivos y condiciones específicas de cada sitio.
- Establecido que los diferentes sistemas tienen una serie de etapas y que cada una cumple con una función que hace andar al sistema como un todo.

2.5 Objetivos del sistema

En la mayoría de los casos, el aprovechamiento forestal busca obtener la mayor cantidad de materia prima, de la mejor calidad, al menor costo y con el menor impacto al ambiente, en concordancia con las directrices de manejo definidas para el área a intervenir y de acuerdo con los principios y criterios para el manejo sostenible. Por lo general, el aprovechamiento se concentra en unas pocas especies comerciales, tipos de bosques o tamaños específicos según los requerimientos de la industria, por eso es que los objetivos del aprovechamiento deben definirse claramente.

Aparte de definir objetivos y metas para el sistema y sus actividades, pudiera ser necesario desarrollar un programa de capacitación técnica y de inducción a las políticas de la empresa. Esta es una de las grandes deficiencias de los sistemas de extracción en Centroamérica. No es suficiente con capacitar al personal; es necesario motivarlos y monitorear las labores realizadas. Es común encontrar personal capacitado que no aplica los conocimientos adquiridos (tala dirigida, arrastre controlado, etc.) debido a los sistemas de pago que incentivan la cantidad o volumen de producción, en detrimento de la calidad del producto o del bosque residual. La elaboración de un esquema tipo “marco lógico” podría ayudar a resolver este problema, pues parte de la planificación participativa y detallada de las diferentes actividades en función de sus propias metas y los objetivos del sistema (Cuadro 2.1). Tal esquema también ayudaría a desarrollar un (sub) sistema de monitoreo y a definir las necesidades de capacitación.



Los objetivos del aprovechamiento deben ser claros para los niveles operativos, ya que son ellos quienes ejecutan las operaciones para cumplirlos.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Cuadro 2.1 Esquema tipo marco lógico para definir actividades y metas en función de objetivos superiores y como base para un (sub)sistema de monitoreo

Objetivo	Sub-objetivos	Metas	Actividades
Obtener la mayor cantidad de materia prima, de la mejor calidad, al menor costo y con el menor impacto al ambiente	Aprovechar Volumen de Corta Anual Permisible en árboles de buena calidad	Identificar y marcar todos los árboles aprovechables	Censo
		Talar todos los árboles marcados	Tala dirigida
	Reducir residuos al mínimo	Utilizar máximo de madera de árboles talados para aserrío	Troceo y desrame
		Utilizar máximo de madera de árboles talados para postes	Elaboración de postes
		Utilizar resto de madera de árboles talados para leña	Elaboración de leña
	Mantener costos aceptables	Utilizar equipo más apropiado	Selección de equipo
		Tener equipo en buen estado	Mantenimiento y reparación
	Reducir impacto al mínimo	Reducir al mínimo daño a vegetación remanente	Aplicar tala dirigida Utilizar cable para extracción
		Reducir al mínimo superficie bajo caminos	Planificación de red vial con base en censo

Además de claros, los objetivos deben ser cuantificables y fáciles de medir. Por ejemplo, se pueden establecer objetivos en términos de metros cúbicos, diámetro mínimo de corta, número de árboles a cortar, volumen a extraer, tamaño de claros, eficiencia de la maquinaria o de las operaciones, porcentaje de daños, de manera que los resultados puedan ser utilizados como criterios o indicadores en el programa de monitoreo y control. Lo más importante es que todos los involucrados en el sistema de aprovechamiento comprendan qué están haciendo y para qué; con ello mejorará su rendimiento y actitud ante el trabajo.

En esta sección hemos:

- Indicado que los objetivos del sistema de aprovechamiento deben estar en concordancia con los objetivos del manejo y de acuerdo con los principios y criterios que lo rigen.
- Señalado la importancia de la capacitación para el cumplimiento de los objetivos.
- Establecido el esquema tipo “marco lógico” como una herramienta importante para definir actividades y metas en función de objetivos superiores y como base para un (sub)sistema de monitoreo.

2.6 Etapas del sistema de aprovechamiento

La selección del sistema de trabajo a utilizar en la ejecución de las operaciones es fundamental para la programación de actividades y elaboración del presupuesto operativo de un proyecto. En las secciones siguientes analizaremos brevemente nueve etapas del AIR de las cuales las primeras ocho son típicas de un aprovechamiento forestal de impacto reducido en bosques húmedos tropicales en Centroamérica, las cuales –como se dijo– pueden variar según condiciones específicas del sitio.

2.6.1 Planificación

La definición de actividades debe surgir de un proceso de planificación en diferentes niveles (Capítulo 3). Se destaca en este proceso la elaboración del **plan estratégico**, conocido en Centroamérica como Plan General de Manejo (PGM), en el cual se planifica el manejo a largo y mediano plazo; es decir, se establecen las directrices que se van a seguir. Otro nivel de planificación es el **plan táctico**, también conocido como Plan Operativo Anual (POA), en el cual se detalla la ejecución de actividades puntuales (aprovechamiento, silvicultura). Independientemente de cómo se denomine el documento de planificación, es importante que los objetivos y actividades que se planteen sean claros, concretos y reales, de manera que el plan sea verdaderamente un instrumento de gestión en el campo y no solo un requisito legal para conseguir las licencias o autorizaciones de aprovechamiento. También es importante que la planificación tome en cuenta las experiencias de los años anteriores para evitar errores e incorporar información nueva sobre el bosque y el desempeño de las actividades del aprovechamiento.

En los últimos años, gracias a la aprobación de las guías simplificadas de elaboración de Planes de Manejo o Planes Operativos, se han dado progresos significativos en el uso del PGM y POA como documentos operativos para la ejecución de operaciones en el campo, contrario a lo que ocurría hace unas décadas. El mapa base de aprovechamiento, resultado del censo comercial, se ha convertido en un instrumento indispensable para el aprovechamiento forestal y está debidamente considerado y contenido en el POA de aprovechamiento. Los planes operativos generan la información suficiente para conocer y marcar en el campo y en el mapa los árboles que se van a cortar, los ríos y quebradas con sus zonas de protección, los árboles portadores, la red de caminos, etc.

La definición clara y detallada del sistema de aprovechamiento es una parte importante del plan general de manejo, y es fundamental para la elaboración de planes operativos. Las directrices que rigen el aprovechamiento tienen que ver con el volumen de corta anual, el método o sistema de aprovechamiento elegido, los criterios generales de selección de los árboles de corta y los que se dejan como semilleros, las medidas de mitigación del impacto, el periodo de ejecución de la operación, las características del sitio de aprovechamiento, las vías de acceso, entre otros factores.



El PGM y el POA deben ser instrumentos indispensables que guíen las actividades de manejo y aprovechamiento del bosque.



Es necesario planificar y diseñar por anticipado la red vial para sacar la madera, independientemente del tamaño del área por aprovechar.

2.6.2 Planificación y construcción de la red vial

La planificación para la construcción de la red vial depende del sistema de extracción. En áreas relativamente grandes donde se aplica un aprovechamiento mecanizado se justifica planificar la construcción de caminos de acceso, principales y secundarios, además de las vías de arrastre. En áreas pequeñas, muchas veces sólo se justifica la construcción de caminos secundarios y vías de arrastre. Existen casos en que solo se construyen vías de arrastre que se dirigen hacia ríos para transportar la madera por vía acuática cuando los ríos crecen en la época de lluvias. En todo caso, ya sea en áreas grandes o pequeñas es necesario planificar la red vial por donde se sacará la madera. En el Capítulo 4 se detallan los lineamientos básicos para la planificación y construcción de caminos forestales para aprovechamientos de impacto reducido.

La construcción de los caminos y pistas principales debe hacerse antes del aprovechamiento, o al menos como primera actividad de la operación extractiva. La construcción debe concordar con los trazos realizados en los mapas del plan operativo; sólo se hacen correcciones en la dirección por situaciones especiales, previo acuerdo entre el profesional forestal a cargo y el tractorista. La calidad de caminos debe corresponder al uso proyectado. Los caminos y vías de arrastre más transitados requieren de mayores obras de drenaje que las pistas de menor tránsito. El transporte con camiones largos requiere caminos con poca pendiente y pocas curvas. Si no se toman en cuenta estos aspectos, podrían darse atrasos inesperados en el arrastre y transporte de la madera.

La construcción de caminos es una actividad costosa y de alto impacto debido a la necesidad de remover la vegetación y la tierra; por lo tanto, es crucial una buena planificación para reducir costos e impactos ambientales durante la ejecución del aprovechamiento.

2.6.3 Tala dirigida, desrame y descope

La tala dirigida consiste en el apeo del árbol en una dirección deseada para procesarlo, o que quede en una posición conveniente para el arrastre. La dirección final depende de varios factores; entre ellos, la dirección natural de caída, la ubicación de la pista de extracción o la posición más conveniente para que sea procesado, las posibilidades de daños a otros árboles, el menor riesgo para los operarios. En el Capítulo 5 se detallan los diferentes tipos de cortes para realizar la tala dirigida.

La motosierra, por su alto rendimiento, bajo costo y facilidad de operación, ha ido desplazando al hacha en la tala en bosques tropicales. En algunas plantaciones la corta de árboles se realiza con maquinaria pesada especialmente construida para tal fin. En bosques húmedos tropicales con tanta variedad de especies y tamaños no se utiliza este tipo de tecnología.

Por lo general, la operación de tala dirigida se realiza después de haber abierto las vías principales de arrastre. No obstante, existen algunas unidades de manejo (cooperativas del Usumacinta en Guatemala, por ejemplo) donde prefieren realizar la tala dirigida antes del abrir las vías de arrastre para poder hacer correcciones si los árboles no cayeron exactamente en el lugar deseado, con lo que se reducen los daños durante el arrastre.

Las labores de pre-aprovechamiento, como la corta de lianas y bejucos durante el censo ha sido de gran ayuda para dirigir la caída del árbol y evitar daños a los árboles aledaños.

La operación de corta incluye la eliminación de ramas en el fuste y el descope, o separación del fuste y la copa. Se deben limpiar los bejucos o ramas que quedan cerca del lugar de amarre para facilitar la operación siguiente: el amarre de los fustes para su arrastre.



En algunos casos los fustes son aserrados en el sitio para facilitar su traslado. Si este fuera el caso, durante la operación de tala hay que prestar especial cuidado a dirigir la caída hacia un lugar donde se facilite el procesamiento, el cual se realiza con motosierra con marco, motosierra simple o sierra de viento. Se recomienda la motosierra con marco debido a la mejor calidad del producto.

2.6.4 Transporte menor

Se entiende por transporte menor el traslado de la madera en troza, cuartón (*'flitch'*) o tabla desde el sitio de tala hasta otro lugar desde donde se llevará al sitio de procesamiento. Existen muchas modalidades de transporte menor, ya sea por vía terrestre, acuática o aérea. El más común es el transporte menor por vía terrestre mediante tracción animal o mecánica. El *'skidder'* o tractor forestal articulado es una maquinaria especialmente construida para arrastrar las trozas en el bosque desde el sitio de tala hasta el patio de acopio. Sin embargo, en Centroamérica es común el uso de tractores a orugas, e inclusive tractores agrícolas provistos de un *'winche'* para el arrastre, o una combinación de varias máquinas. La selección del equipo para el transporte menor debe tener en cuenta la capacidad de extracción del equipo, la cantidad de madera talada y el período durante el cual es posible extraer la madera (generalmente sólo la época seca).

El uso de tracción animal para el transporte menor es también una alternativa muy utilizada por grupos comunitarios que no cuentan con maquinaria de extracción, o cuando la topografía del terreno impide la utilización de maquinaria pesada. La gran limitante del uso de tracción animal radica en la poca capacidad de carga de los caballos, mulas, bueyes o búfalos en comparación con el uso de maquinaria. Existen aditamentos especiales como el *'sully'* que pueden aumentar la capacidad de arrastre, pero los rendimientos están muy debajo de la extracción mecanizada.

En Honduras es común encontrar personas transportando sobre sus hombros tabloncillos de 20 a 30 pies en distancias de cinco kilómetros o más sobre pendientes extremas, lo que constituye uno de los trabajos más agotadores del manejo forestal.

El transporte menor también se puede hacer por medio de cables aéreos, helicópteros o globos, pero su uso ha sido muy limitado en Centroamérica debido principalmente a la baja densidad de árboles aprovechables por hectárea, el bajo precio de la madera en pie y los altos costos de extracción con tales mecanismos.

2.6.5 Troceo

Al aprovechar árboles de bosques tropicales se trata de obtener el mayor rendimiento de la maquinaria utilizada, por lo que generalmente los fustes completos se arrastran hasta los patios de carga, donde se realiza el troceo de los mismos para proceder a la operación siguiente: la carga. Técnicamente, se recomienda que el troceo se haga en el patio para tener una mejor visión del fuste completo y poder optimizar el producto, además de concentrar los residuos en un sitio accesible para un proceso posterior.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Sin embargo, en algunos casos es necesario trocear al pie del tocón; por ejemplo, cuando las pistas de arrastre son muy sinuosas debido a la irregularidad del terreno, o por problemas para la maquinaria, o cuando se utiliza un método de arrastre con capacidad de carga limitada como los bueyes o tractores agrícolas, o cuando la madera se procesa en el sitio.

El troceo debe estar siempre en función del producto que se quiere obtener; es decir, en función del mercado y de las características de los medios de transporte. Se debe buscar la optimización del producto: esta es la diferencia entre trocear y trozar.

2.6.6 Carga

La operación de carga puede realizarse en forma mecanizada o manual. Lo recomendable es utilizar un cargador frontal, el cual es una máquina especialmente utilizada para estos fines. Sin embargo, lo común es que la misma máquina que realiza el arrastre sirva para cargar; para ello se construyen rampas que facilitan subir las trozas a los camiones. La operación de carga, independientemente de la tecnología que se utilice, debe procurar siempre brindar fluidez a la etapa de transporte. Una carga mal acomodada disminuye la capacidad del medio de transporte y aumenta el riesgo de accidentes.

Si bien los patios de carga deben ser amplios para permitir el movimiento de la maquinaria, se debe tener presente que su tamaño no debe ser excesivo, ya que es una de las áreas que sufrirán mayor alteración y compactación del suelo.

2.6.7 Transporte mayor

El transporte mayor es la última etapa del sistema de aprovechamiento forestal; este es el eslabón con el subsistema siguiente: la industrialización. Los medios de transporte deben llevar la mayor cantidad de carga posible dentro de los límites que establezcan las regulaciones de cada país o región.

Las características de los medios de transporte, así como su eficiencia, deben responder a los rendimientos requeridos por el sistema integral. En Centroamérica el transporte mayor se realiza por vía terrestre, en camiones de plataforma que transportan las trozas desde los patios de acopio hasta los centros de transformación. En algunos casos se emplea la vía acuática, aprovechando los ríos caudalosos. Cuando el caudal del río lo permite, la madera se une formando balsas que son remolcadas hacia los puertos fluviales de donde son cargados en camiones para ser transportados a la industria de transformación primaria.

Dos actividades que deben acompañar a cada una de las etapas que conforman el sistema de aprovechamiento son la capacitación y el monitoreo.

2.6.8 Capacitación

El aprovechamiento mejorado requiere pequeños cambios en relación con el aprovechamiento tradicional. Esto en parte se consigue con capacitación para obtener mayores conocimientos y habilidad para ejecutar mejor el trabajo. Para cada operación debería exigirse un nivel mínimo de capacitación; de hecho, cada operación debería incorporar en su estrategia un plan especial de capacitación del personal involucrado.

La capacitación debe estar dirigida a mejorar la ejecución técnica de las tareas, aplicando nuevas tecnologías o la ya existente de una mejor forma; debe resaltarse la importancia de cada actividad dentro del marco general: por ejemplo, los impactos de una tarea específica en el medio ambiente. La capacitación es esencial para obtener un mayor nivel de seguridad en las operaciones. Con el avance de la tecnología y la sofisticación de los equipos, el riesgo de accidentes aumenta por el uso inadecuado de los mismos.



2.6.9 Monitoreo

Es necesario monitorear las operaciones para corregir errores antes y durante la ejecución. En muchas oportunidades se ha encontrado que el personal capacitado no ejecuta adecuadamente las operaciones; esto es posible detectarlo con un programa de monitoreo continuo. En principio, se deben monitorear los desperdicios en cada una de las etapas del aprovechamiento, los daños producidos y todo lo relacionado con los rendimientos y costos.

Un aprovechamiento que tienda a reducir el impacto debe incluir, entre otras cosas, una buena planificación de las operaciones, un programa de capacitación del personal y un sistema de monitoreo y control efectivo de todas las actividades.

En esta sección hemos:

- Establecido y explicado resumidamente las siete etapas típicas del AIR:
 - planificación
 - planificación y construcción de la red vial
 - tala dirigida, desrame y descope
 - transporte menor
 - troceo
 - carga
 - transporte mayor
- Indicado que cada una de estas etapas debe ir acompañada por dos actividades fundamentales en el AIR: la capacitación y el monitoreo.

2.7 Ejemplo de una definición del sistema de aprovechamiento

El sistema de aprovechamiento que se va a emplear se define en el Plan General de Manejo (PGM), el cual es elaborado con base en el análisis de los resultados del inventario forestal, las características del terreno, el equipo y maquinaria con que cuenta la empresa y las necesidades de materia prima. Los detalles de la ejecución misma del aprovechamiento con base en un censo comercial se incluyen en el Plan Operativo Anual (POA), el cual debe seguir los lineamientos básicos planteado en el PGM.

En la definición del sistema se debe ser muy explícito en cada etapa, con el fin de que esta información también sirva para la elaboración del presupuesto o flujos de efectivo necesarios para operar el sistema. Los procesos que se van a aplicar deben estar claros con el fin de que todos los involucrados cumplan fielmente con sus funciones.

El sistema de aprovechamiento debe definirse de manera clara, precisa y explícita, de forma tal que sirva de insumo para el presupuesto y el plan operativo.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Por ejemplo, la etapa de planificación debe informarnos de la longitud de caminos por construir, el tipo de topografía y materiales existentes, para poder definir la necesidad de equipos y las horas de uso. También debemos conocer cuántos árboles se van a cortar y sus dimensiones para decidir el número y tamaño de motosierras que se necesitarán durante la operación de corta y troceo. Para cada una de las etapas del sistema se debe definir la maquinaria, equipo y herramientas necesarias, calcular los insumos, combustibles y materiales y considerar la cantidad y calidad de la mano de obra requerida.

Por ejemplo, para el aprovechamiento de un bosque o de una unidad de corta de 200 hectáreas, con topografía ondulada, pendiente 20% y suelo arcilloso, con camino transitable todo el año hasta el borde del bosque, con un volumen aprovechable de 41 m³/ha, proveniente de la corta de ocho árboles por hectárea, una empresa que dispone de seis meses para realizar la operación definiría un sistema como se detalla a continuación:

Red vial. Para la construcción de las pistas de arrastre y los patios de carga se utilizará un tractor de oruga igual o similar al D5D de Caterpillar. Esta maquinaria servirá también para realizar el arrastre. No se construirán patios de acopio. Se debe disponer de diesel y aceite para el motor y los mandos hidráulicos que requiera la máquina.

Corta. Los motosierristas de la compañía tienen un rendimiento aproximado de 10 a 12 árboles por día. Se requerirán, entonces, dos cuadrillas de corta por un periodo de 4 a 5 meses, 20 días por mes. Las labores de troceo se realizarán en el patio de carga, por lo que se requiere una motosierra adicional y otra como repuesto. En resumen, se necesitan cuatro motosierras de alta potencia y al menos dos espadas y dos cadenas de repuesto, además de las refacciones menores. Debe preverse la disponibilidad de gasolina, aceite para motor de dos tiempos y aceite para lubricar la cadena de las motosierras.

Cada motosierrista requiere de un ayudante, por lo que se debe disponer de recursos financieros para cubrir los salarios y cargas sociales de los seis operarios.

Transporte menor. Para esta operación se utilizará el tractor de oruga, que realizará el arrastre de uno o dos fustes en una sola operación desde el sitio de corta hasta el patio de carga. Para la operación, el tractorista debe tener una ruta fijada con anterioridad a la corta del árbol. Estas rutas, en caso que requieran mayor detalle, deben ubicarse en un mapa. Se debe utilizar el cable del *winche* para evitar que el tractor entre al bosque y así disminuir el impacto. Para la operación se necesitan tres personas: el tractorista y dos ayudantes. Los ayudantes deberán llevar el cable del *winche* hasta el árbol cortado, amarrar el fuste y eliminar cualquier obstáculo en el fuste o en el recorrido que debe realizar. Un ayudante debe acompañar al tractor hasta el patio y soltar la carga, el otro debe realizar labores de preparación del siguiente viaje.

La operación de **troceo** la realizará un motosierrista con un ayudante, de acuerdo con las dimensiones definidas por los compradores y las características de los medios de transporte. Debe procurarse concentrar los daños y defectos en una sola troza y tratar de disminuir el desperdicio.



Para la operación de **carga** se dispondrá de un cargador frontal, el cual requerirá de un operador y un ayudante. El **transporte** se realizará con camiones de dos ejes. Debe preverse la disponibilidad de combustible y lubricantes para el cargador, además de garantizar la presencia de un mecánico que pueda realizar algunas reparaciones de toda la maquinaria utilizada.

Con una definición del sistema a utilizar tan sencilla y general como la anterior, ya se cuenta con una base importante para elaborar un plan operativo y un presupuesto. La información necesaria para definir y operar el sistema de aprovechamiento forestal se obtiene de un proceso de planificación que tiene diferentes niveles, los cuales se detallan en el capítulo siguiente.

En esta sección hemos:

- Con base en un ejemplo, analizado la importancia de definir de manera clara, precisa y explícita, el sistema de aprovechamiento, de forma tal que sirva de insumo para elaborar el presupuesto y el plan operativo.

2.8 Bibliografía

- Cruz, MV. 1998. Validación financiera, técnica, ecológica y social del sistema de aserrío con motosierra y marco. Informe del proyecto PD47/94 REV. 3 (1) "Utilización industrial de especies forestales menos conocidas en los bosques bajo manejo forestal sostenible", OIMT/AFE-COHDEFOR. La Ceiba, Honduras. 30 p.
- Nabuurs, GJ; Garza-Caligaris, JF; Kanninen, M; Karjalainen, T; Lapvetelainen, T; Liski, J; Masera, O; Mohren, GMJ; Pussinen, A; Schelhaas, MJ. 2001. CO2FIX V2.0 – Manual of a modelling framework for quantifying carbon sequestration in forest ecosystems and wood products. Wageningen, Holanda. 45 p. (ALTERRA Report 445). Consultado en mayo 2002 <http://www.efi.fi/projects/casfor/>
- Sundberg, U; Silversides, CR. eds. 1988. Operational efficiency in forestry. Vol 1. Analysis. Kluwer Academic Publishers. 219 p.
- Venegas, G; Louman, B. 2001. Aprovechamiento de impacto reducido como tratamiento silvicultural en un bosque montano de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 55 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 325. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no 23).
- Waaijenberg, H. 1992. El enfoque de sistemas: algunos conceptos y aplicaciones en la zona Atlántica de Costa Rica. Presentación en el "Taller de Área Piloto (Guácimo – Pococí)", 10-11 diciembre 1990, Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH). Turrialba, Costa Rica, CATIE/AUW/MAG. Informe no 32. 10 p.

Capítulo 3

Planificación del aprovechamiento forestal

- 3.1 Consideraciones iniciales para la planificación de la producción
- 3.2 La relación manejo – aprovechamiento
 - 3.2.1 El volumen de corta anual permisible
 - 3.2.2 El sistema de aprovechamiento
 - 3.2.3 Criterios de selección de los árboles que se van a cortar o a dejar
 - 3.2.4 Medidas para la mitigación del impacto
 - 3.2.5 Periodo y sitio de aprovechamiento
- 3.3 Recursos: el problema principal
- 3.4 Pasos de la planificación
 - 3.4.1 Definición de las metas anuales
 - 3.4.2 Establecimiento de la base de datos
 - 3.4.3 Identificación y selección de alternativas
 - 3.4.4 Descripción detallada de actividades
- 3.5 Presentación y uso del plan
- 3.6 Mecanismos de retroalimentación
- 3.7 Problemas comunes en la planificación del aprovechamiento
- 3.8 Bibliografía

Bastiaan Louman
Alejandro Meza
David Quirós
Fernando Carrera



La planificación es un proceso continuo que incluye la recopilación y análisis de información, la toma de decisiones, la presentación y uso de un plan escrito y la retroalimentación para poder mejorar la planificación de actividades en los años venideros.



La buena ejecución del aprovechamiento depende de tres factores principales: la planificación, la capacitación del personal y la supervisión de las actividades en el campo. Los tres factores a menudo hacen la diferencia entre el aprovechamiento de impacto reducido y el aprovechamiento convencional. En este capítulo se mostrará la razón por la cual una buena planificación es necesaria, con base en ejemplos de diferentes partes de América Latina.

En contraste con la planificación del manejo (ver Louman y de Camino 2004), la planificación de las actividades de aprovechamiento es de corto plazo, pues generalmente abarca un periodo de uno a dos años. Para poder lograr los objetivos del manejo es necesario que la planificación se mantenga dentro del marco del plan general de manejo. Esta relación entre manejo y aprovechamiento es muy importante, y por eso se le dedica la sección 3.2.

Una vez que se hayan establecido los beneficios de la planificación y la interrelación entre manejo y aprovechamiento, se continuará con un análisis detallado de los diferentes pasos de la planificación. Como se verá, la planificación es un proceso continuo que incluye la recopilación y análisis de información, la toma de decisiones, la presentación y uso de un plan escrito y la retroalimentación para poder mejorar la planificación de actividades en los años venideros. Se espera que al concluir el capítulo, el usuario sea capaz de desarrollar el proceso de planificación según las necesidades de las unidades de manejo.

3.1 Consideraciones iniciales para la planificación de la producción

La planificación y control de la producción en el aprovechamiento de bosques tropicales permite determinar con anticipación los objetivos por cumplir y los mecanismos y acciones que se deben realizar para alcanzarlos de la mejor forma posible y con un uso óptimo de los recursos disponibles. En algunos casos, estos recursos pueden ser la mano de obra; en otros, el capital para inversiones o la tierra.

La planificación permite poner de manera transparente y detallada la operación que se va a ejecutar para lograr la mejor distribución y uso de los recursos, y así alcanzar los objetivos establecidos. Como beneficios, se debe llegar a un costo operativo y un impacto ambiental más bajos que los del aprovechamiento tradicional. Quevedo (1997) demostró que con sólo mejorar la planificación del aprovechamiento en el oriente de Bolivia, se multiplicaron las ganancias y se redujo el área de caminos por hectárea, en relación con una operación convencional (Cuadro 3.1). Este resultado fue posible porque la planificación permitió conocer la ubicación exacta de los árboles por cortar, y así sacar un mayor volumen del bosque en menos tiempo; a la vez, se evitó el tener que recorrer el bosque con maquinaria pesada en busca de árboles ya cortados.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En este ejemplo se cumplió con el objetivo de producción de madera mediante acciones de impacto reducido y se optimizó el uso de los recursos más escasos (léase caros): maquinaria pesada y tierra. Hendrison (1990), en una operación experimental en Suriname, demostró que los costos de una buena planificación son compensados con ganancias por el uso más eficiente de la maquinaria.¹

Cuadro 3.1 Reducción de costos por metro cúbico de madera aserrada debido a la planificación del aprovechamiento

Indicador	Sin planificación	Con planificación
Área explotada (ha)	16.000	250
Volumen en troza (m ³)	52.740	1754
Volumen en madera aserrada (m ³)	5169	761
Rendimiento madera en troza a madera aserrada (%)	9,8	43,4
Costo planificación por m ³ madera en troza (US\$)	2,71	3,30
Costo planificación por m ³ madera aserrada (US\$)	27,65	7,60

Fuente: Basado en datos de Quevedo 1997

Una buena planificación del aprovechamiento debe tener en cuenta las actividades antes, durante y después del aprovechamiento.

El principal instrumento de la planificación del aprovechamiento es el Plan Operativo Anual (POA). La fuente de información biofísica para la elaboración de este plan es el censo comercial; este es un inventario pie a pie de todos los árboles aprovechables en un compartimiento o área de corta anual. Vea la metodología de ejecución del censo comercial en la sección 3.4 (ver también Ortiz y Quirós 2002).

Actividades pre- aprovechamiento:

- Censo comercial del área de corta anual
- Plan de aprovechamiento
- Planificación y construcción de vías de extracción

Actividades de aprovechamiento:

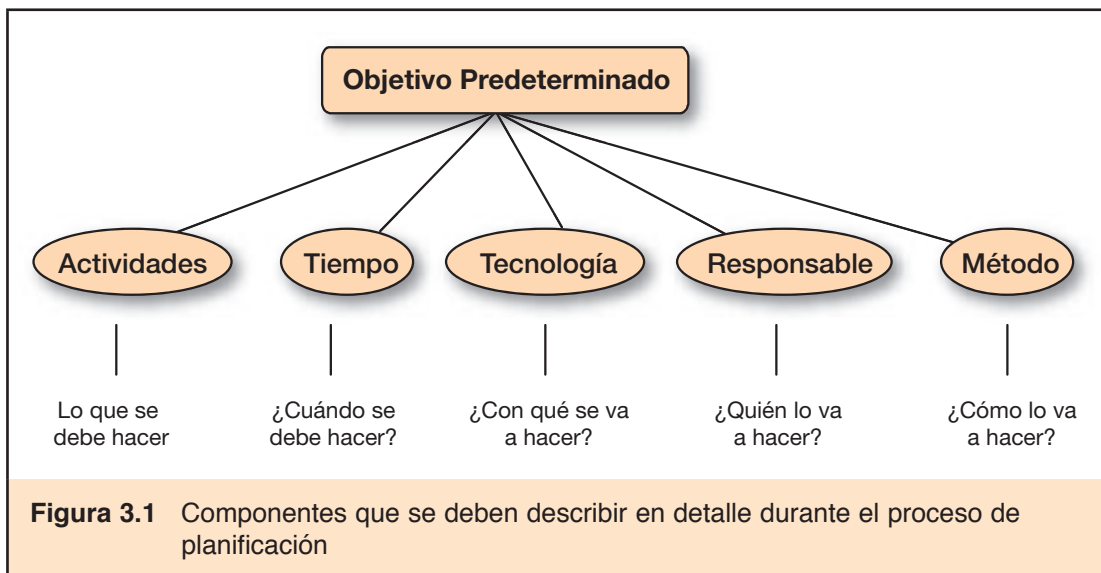
- Tala dirigida
- Arrastre
- Troceo, carga y transporte

Actividades post-aprovechamiento:

- Aprovechamiento de residuos
- Restauración de patios de acopio
- Cierre y mantenimiento de caminos
- Evacuación de materiales y sustancias contaminantes

Durante el proceso de planificación, debe detallarse cada una de estas actividades con base en la información sobre disponibilidad de los recursos de la empresa (maquinaria y equipos) y en el bosque (censo comercial) (Fig. 3.1). Además, debe tenerse en cuenta la información sobre la productividad de la mano de obra y de la maquinaria en cada una de las actividades.

¹ Tenga en cuenta que estamos hablando de los beneficios de la planificación del aprovechamiento una vez que se ha determinado el volumen de corta anual permisible. Varios autores indican que el aprovechamiento de impacto reducido no es atractivo en áreas pequeñas, desde el punto de vista financiero (Maginnis *et al.* 1998, Quirós y Gómez 1998). Sin embargo, muchas veces esto se debe a restricciones sobre la corta que forman parte del marco silvicultural y que son determinadas por el potencial productivo del bosque, y no por condiciones de la planificación del aprovechamiento en sí misma.



La primera vez que se planifica el aprovechamiento, la información sobre productividad se puede estimar a partir de datos publicados o provenientes de los manuales de los proveedores de maquinaria. El libro “Aprovechamiento y transporte en bosques tropicales altos” (FAO 1974) es uno de los más utilizados para este fin, y a pesar de que ya está desactualizado tiene buenos datos de referencia para las personas que empiezan en labores de planificación. El Cuadro 3.2 muestra un ejemplo de cómo combinar los datos biofísicos con los de productividad, utilizando ese mismo documento. En este caso, se puede fácilmente cumplir con la meta de 3000 m³ por año, con tres equipos de motosierristas, dos tractores de oruga y tres camiones. Este esquema permite dejar un inventario de madera cortada en el bosque lo bastante grande como para garantizar unos cuatro días de transporte sin que haya arrastre, y así evitar que el transporte se vea afectado si se presentaran problemas con los tractores. Un análisis financiero (Capítulo 10) debe confirmar la factibilidad de esta propuesta.

Esta información se puede ajustar mediante estudios específicos realizados en el área de trabajo o experiencias de las operaciones en años anteriores, registradas durante el monitoreo y la evaluación anual de las operaciones. Además, el monitoreo y evaluación de la producción brindan datos para el control de la ejecución de las actividades, para garantizar que las mismas se realicen de acuerdo con lo planeado y para identificar errores que deben ser corregidos. En el capítulo 13 ahondaremos en el tema.

Como última consideración antes de entrar en detalle en los componentes de la planificación, Dykstra y Heinrich (1996) enfatizan que los objetivos del plan de aprovechamiento deben ser:

- Aumentar al máximo la productividad.
- Reducir al mínimo el impacto ambiental y los efectos derivados de las operaciones.
- Conseguir un acceso adecuado al bosque.
- Tener en cuenta las necesidades de las comunidades vecinas.
- Reducir los costos, teniendo en cuenta las limitaciones impuestas por consideraciones ambientales, ecológicas y sociales.
- Evitar los problemas derivados de una inadecuada programación.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- Coordinar la extracción de otros productos forestales no madereros.
- Lograr la flexibilidad necesaria para cambiar los planes si se dispone de nueva información o la situación se modifica.
- Proteger la salud y la seguridad del personal y del público en general.

En este capítulo veremos cómo se pueden incorporar todos estos aspectos en un solo plan.

Cuadro 3.2 Ejemplo de planificación para un área ficticia

Información general:

POA, marcación de árboles a cortar, definición de caminos antes del aprovechamiento. 2 semanas para construcción de red de caminos

VCAP de 3000 m³; 15 m³/ha

3 meses secos al año: de 1 enero al 31 de marzo, trabajan 6 días/semana

Rodal con árboles de calidad intermedia a pobre (hasta 2,5 m³/árbol), terreno ondulado a quebrado. Distancia promedio de arrastre 250 m, de transporte 40 km

Equipo a utilizar	Especificaciones	Horas/día	Productividad/día	Días de trabajo	Fechas
Motosierra	Sierrista con ayudante, 30 m ³ /día, 3 equipos	4-6	90 m ³	33	01 Ene – 07 Feb
Tractor de orugas	4-6 m ³ /carga, 2 equipos, 70% funcionamiento	4-6	60 m ³	50	16 Ene – 14 Mar
Camión	15 m ³ /carga, 2 cargas/día, 3 camiones, 70% funcionamiento	9	63 m ³	48	28 Ene – 23 Mar

Fuente: Estimaciones de productividad derivadas de FAO 1974

En esta sección hemos:

- Visto que el Plan Operativo Anual es el principal instrumento de planificación del aprovechamiento.
- Mencionadas las actividades de pre-aprovechamiento, aprovechamiento y post-aprovechamiento.
- Citado los objetivos del plan de aprovechamiento.

3.2 La relación manejo - aprovechamiento

El manejo forestal fue definido de la siguiente manera por los ministros europeos involucrados en el proceso de Helsinki (Granholm *et al.* 1996, p 17):

Manejo sostenible significa la administración y el uso de los bosques y tierras con vocación forestal, de forma e intensidad tales que se mantenga la diversidad biológica, la productividad, la capacidad de regeneración, la vitalidad y el potencial para cumplir, ahora y en el futuro, las funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes al nivel local y global, y sin causar daños a otros ecosistemas.



De todo el conjunto de actividades manipulativas que abarca el manejo forestal, el aprovechamiento es la más importante debido a que de su correcta ejecución depende en gran medida la sostenibilidad económica y ecológica del bosque. Por consiguiente, para lograr sus objetivos, el aprovechamiento debe ser cuidadosamente planificado y obedecer a directrices generales previamente estipuladas en el Plan de Manejo. Esto significa que la planificación del aprovechamiento debe ser un componente del proceso de planificación del manejo; por ello, la planificación del aprovechamiento consta al menos de dos niveles: 1) en el manejo a mediano-largo plazo, a partir de los resultados obtenidos se formulan directrices que deben quedar plasmadas en el plan general de manejo (PGM); 2) la planificación de la ejecución, que se plasma en el plan operativo anual (POA) de aprovechamiento. En este sub-capítulo analizaremos las principales relaciones entre estos dos niveles de planificación del aprovechamiento.

Las directrices principales que regirán el aprovechamiento son las que prescriben el volumen de corta anual permisible, el sistema de aprovechamiento por aplicar (por ejemplo, extracción mecanizada *versus* extracción con bueyes), los criterios generales de selección de los árboles que se van a cortar o a dejar, las medidas de mitigación del impacto, el periodo de aprovechamiento y el sitio.

3.2.1 El volumen de corta anual permisible

El volumen de corta anual permisible (VCAP) se calcula con base en el potencial del bosque para producir en forma sostenida la madera de las especies y calidades requeridas por el mercado. Este potencial depende de la existencia actual de especies y de la dinámica de sus poblaciones. El cálculo del VCAP se puede hacer utilizando datos de inventarios generales e información sobre el crecimiento, regeneración y mortalidad obtenida en parcelas permanentes de muestreo. Este procedimiento se ha descrito en los manuales “Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central” (Louman *et al.* 2001) e “Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central” (Orozco y Brumér 2002). Lo que es importante para la planificación del aprovechamiento es que se sepa interpretar lo que significa este VCAP.

El VCAP es el promedio del volumen máximo que se puede cortar por año para el periodo de un ciclo de corta. Su aplicación tiene que ver con individuos de cierto tamaño (superior al diámetro mínimo de corta) de especies determinadas. Normalmente se define para un área determinada; es decir, se puede aprovechar ese volumen sólo una vez en un área dada durante un ciclo de corta. Preferiblemente, se extrae en una sola corta; al año siguiente se corta otra área de aprovechamiento, hasta completar el ciclo y volver al área del primer aprovechamiento. Para alcanzar el VCAP, las áreas de corta anual (ACA) pueden variar de tamaño según la disponibilidad de madera, o pueden ser todas del mismo tamaño si la variación en volumen aprovechable es poco importante.

Por ejemplo, en un bosque productivo de 10.000 hectáreas se determinaron dos tipos de bosque. En ambos existe la especie de principal interés, *Carapa guianensis*², pero con densidades diferentes: en el tipo A, el volumen disponible para aprovechamiento es de 10 m³/ha, y 20 m³/ha³ en el tipo B. El área total del tipo A es de 7000 ha, y 3000 ha del tipo B. Si se aprovechará sólo la madera de esta especie en un ciclo de corta de 30 años, el VCAP sería de:

² *Carapa guianensis* es muy cotizada en Costa Rica por una empresa fabricante de puertas. En Brasil, aparte de la madera, también es cotizada por sus semillas que producen un aceite con propiedades medicinales (andiroba).

³ Tomando en cuenta un diámetro mínimo de corta y una intensidad de corta determinados previamente.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

$$\frac{(7000 * 10) + (3000 * 20)}{30} = 4333 \text{ m}^3$$

El ACA promedio será de $10.000/30 = 333$ ha; sin embargo, en el bosque de tipo A, este ACA produce sólo 3330 m^3 , mientras en el bosque de tipo B produciría $333 * 20 = 6660 \text{ m}^3$. En este caso se recomendaría ajustar el ACA a la disponibilidad de madera; entonces, en el tipo de bosque A, el ACA debe ser de 433 ha y de 217 ha en el tipo B. Así, se podría cortar durante 14 años en el bosque de tipo B y 16 años en el de tipo A, manteniendo volúmenes de aprovechamiento similares.

Cuando los tipos de bosque están tan claramente definidos, se recomienda que desde el plan general de manejo se haga una estratificación para calcular el VCAP por tipo de bosque.

La situación se complica cuando los dos tipos de bosque se entremezclan: pequeñas áreas de tipo B dentro del bosque de tipo A. En este caso, se define el ACA promedio y luego se ajusta el tamaño (agrandarlo o achicarlo) después de determinar el volumen real disponible por medio de un censo comercial.

El problema de no ajustar el tamaño del ACA al VCAP se sentirá en particular cuando se empieza a cortar en las partes más ricas del bosque. En estos casos puede ocurrir que se corta toda la madera de valor en los primeros años, y luego cuesta encontrar suficiente madera para mantener el mismo nivel de ingresos. En el pasado y a nivel nacional, muchas empresas han sufrido este problema: a partir de estimaciones del área de bosque, el Estado asignó áreas de aprovechamiento a diferentes empresas por periodos menores al ciclo de corta; por lo general, se empezó en las zonas con mayor disponibilidad de madera, y ahora sólo quedan áreas con bajo volumen por lo que no hay suficiente madera para todas las empresas.

Un caso claro ha sido la asignación de concesiones en Guyana. El proceso de concesiones se inició sin una planificación a largo plazo, sin información clara sobre la dinámica y existencia de poblaciones de especies comerciales y sin una política de diversificación en el uso de las especies. Durante años, el Estado ha otorgado concesiones sobre casi todo el bosque en el centro y norte del país, sin direcciones claras sobre el VCAP. La especie principal en estos bosques (*Chlorocardium rodiei*) ya casi se ha agotado, por lo que las empresas que dependen de ella para su supervivencia tienen serios problemas. Actualmente, se está tratando de ajustar el manejo de las áreas donde aun no es demasiado tarde, calculando VCAP con base en resultados de investigaciones sobre la existencia y dinámica de la especie en los últimos 40 años (Steege *et al.* 2001), y promoviendo la comercialización de especies alternativas.

3.2.2 El sistema de aprovechamiento

El plan de manejo considera el bosque en su contexto ecológico, social y económico. Esto permite una gran flexibilidad en la aplicación de sistemas de aprovechamiento (ver también Capítulo 2). Por ejemplo, los bosques latifoliados en las faldas de la cordillera Madre de Dios, al sur de La Ceiba en Honduras, no son aptos para la extracción de madera con equipo mecanizado, como tractores de oruga o *skidders*, por la pendiente, alta precipitación y suelos inestables. Zonas similares en Costa Rica se encuentran dentro de áreas protegidas, o son áreas de protección dentro de unidades de manejo forestal.

Planificación del aprovechamiento forestal

La aplicación de un sistema de aprovechamiento artesanal, sin embargo, permite desarrollar un sistema de manejo especial que produce madera manteniendo los impactos negativos dentro de rangos aceptables, ya que se realiza en pequeña escala, no es necesario construir caminos y se pueden aplicar técnicas de corta y planificación del aprovechamiento adecuadas para este tipo de bosque (Cruz 1998, Rivas 1999, Brown 2000).



En el plan general de manejo, entonces, se debe definir el sistema de aprovechamiento en líneas generales, pero teniendo en mente que la planificación del aprovechamiento como proceso empieza mucho antes de las actividades del aprovechamiento y aun del censo comercial⁴. El POA luego define los detalles según lo discutido en el capítulo 2 y en el esquema de la Fig. 3.1.

Aunque el plan de manejo funciona como marco general para el sistema de aprovechamiento, la aplicación del sistema y su evaluación durante y después de la ejecución puede indicar que el sistema inicialmente propuesto no es el más adecuado. En este caso, se puede justificar y proponer un cambio de sistema y, una vez comprobada su factibilidad, incorporar el cambio en el plan de manejo. La concesión comunitaria La Carmelita en la zona de uso múltiple de la Reserva de la Biosfera Maya en Guatemala es un buen ejemplo en este sentido: inicialmente, se aprovechó la madera y la convirtieron en *'flich'*⁵ en el bosque mismo. Sin embargo, la concesión es grande (53.797 ha), la producción de *'flich'* es baja y encontraron un mejor mercado para la madera en rollo o aserrada. Con base en sus primeras experiencias, decidieron cambiar a un sistema de aprovechamiento industrializado, con extracción mecanizada y transformación de la madera fuera del bosque.

Un ejemplo de la zona de Río San Juan, Nicaragua, demuestra que el sistema de aprovechamiento más adecuado depende de las condiciones locales. Aquí ha sucedido exactamente lo contrario a lo que ocurrió en Carmelita, Guatemala. En Río San Juan, las unidades de manejo son pequeñas (hasta 35 hectáreas), y se empleaba un sistema de aprovechamiento industrial y mecanizado, pero los dueños del bosque vieron que los ingresos por la venta de madera en pie les rendía pocas ganancias. Por otro lado, por la escala de las operaciones, no era factible que los dueños adquirieran su propio equipo de extracción mecanizada. Están evaluando, entonces, la factibilidad de transformar la madera en el bosque, utilizando motosierras con marcos u otra forma de aserradero portátil, y vender la madera en forma de tablones.

En ambos casos, el análisis de las primeras experiencias del aprovechamiento llevaron a los responsables del manejo del bosque a buscar sistemas de aprovechamiento más apropiados para las condiciones de la zona. Es importante destacar, sin embargo, que inicialmente los aprovechamientos siguieron el sistema propuesto en el PGM, y sólo después de comprobar que el sistema no era el más adecuado, empezaron a proponer cambios, los cuales, una vez confirmados en la práctica, deben ser incorporados en un plan de manejo revisado.

⁴ Excepto en Costa Rica, donde el plan de manejo y de aprovechamiento se elaboran simultáneamente, en el caso de bosques pequeños.

⁵ Tablones de dimensiones variables con un espesor de entre tres y cinco pulgadas, hasta seis pies de largo, anchos variables y con un acabado rústico y descalibrado (Ortiz *et al.* 2002, p 14).



3.2.3 Criterios de selección de los árboles que se van a cortar o a dejar

Definir las características de los árboles que se deben dejar o que se pueden cortar tiene implicaciones a largo plazo: por ejemplo, los árboles portadores de semillas formarán los árboles de cosecha del futuro. Cuáles deben ser los árboles de futura cosecha depende mucho de los objetivos y limitaciones del manejo a largo plazo; por esta razón, esa decisión debe ser parte integral del marco silvicultural del plan general de manejo.

Una vez que se han determinado las especies que se van a aprovechar, el diámetro mínimo de corta (DMC) y la intensidad de corta, hay que decidir cuáles de los árboles con diámetro mayor al DMC y de especies aprovechables se deben cortar y cuáles se deben dejar. En el Cuadro 3.3 se incluye un listado de posibles criterios de selección. Lo importante es que los criterios sean claros, precisos y no muy prescriptivos, de manera que los profesionales en el campo puedan hacer ajustes si la situación local lo justifica.

Cuadro 3.3 Criterios de selección de árboles a cortar o dejar			
Posibles criterios de selección	Árboles a cortar	Semilleros	Otros árboles a reservar
Especies	Comercial	Comercial	No-comercial
Diámetro	>DMC	>DMC	Todos los dap
Estado fitosanitario	Bueno	Muy bueno	Variable
Forma de fuste	Bueno	Muy bueno	Variable
Forma de copa	Bueno	Muy bueno	Variable
Altura de fuste aprovechable	Variable, mínimo una troza	Mínimo 2 trozas	Variable
Cercanía de árboles de futura cosecha o semilleros	Si compiten	Eliminar otros	
Dirección de caída natural	No cortar si caen en otro claro, creando claro grande (> 400 m ²)	No aplica	No aplica
Abundancia	No cortar si es escasa (definir escasa, por ej. <1 árbol/3 ha)	No aplica	No aplica
Distribución	Homogénea de claros	Adecuada distribución de semillas; facilitar polinización	No aplica
Restricciones legales		% de semilleros	En relación con intensidad de corta, también especies vedadas
Cercanía de recursos hídricos	No cortar si queda dentro de franja de protección legal	No aplica	No aplica
Posición sobre pendiente	No cortar sobre cierto grado de pendiente	No aplica	No aplica
Uso o función especial	Evaluar cuál función es más importante		Conservar funciones



3.2.4 Medidas para la mitigación del impacto

El PGM señala limitaciones, debilidades y amenazas al manejo. Además, en muchos países hay que hacer un estudio de impacto ambiental o elaborar una declaración de impactos esperados. La planificación del aprovechamiento debe tomar en cuenta esos factores y, hasta donde sea posible, tratar de reducir los riesgos y amenazas identificados en el plan general de manejo. En áreas donde los incendios significan una amenaza, la planificación del aprovechamiento debe incluir vigilancia, rondas y vías de escape, así como la eliminación de material leñoso en los sitios de corta y patios de acopio. En áreas con mucha pendiente se debe cuidar dónde se corta y el diseño de los caminos y vías de arrastre.

El aprovechamiento de impacto reducido (AIR) toma en cuenta muchas medidas de mitigación del impacto; entre ellas, la planificación detallada de la corta es quizás la más efectiva (Cuadro 3.4). Si se planifica y ejecuta el aprovechamiento según los lineamientos del AIR, rara vez será necesario agregar más medidas de mitigación⁶. Sin embargo, es importante revisar si el aprovechamiento está tomando en cuenta todos los riesgos y amenazas identificados en el área de producción y zonas aledañas.

Cuadro 3.4 Ejemplos de medidas de mitigación tomadas en cuenta en el aprovechamiento de impacto reducido (para descripciones detalladas de estas actividades, ver los diferentes capítulos de este manual)		
Prácticas comúnmente encontradas (“convencional”)	Actividad de aprovechamiento de impacto reducido	Efecto mitigativo
Monteo (ubicación y tala sin plan escrito)	Censo comercial como base para mapa de aprovechamiento	Reducción área de caminos ^{1,2,3} Reducción de trozas taladas pero no encontradas por tractor ^{1,2,3,4,5}
Tala convencional	Tala dirigida	Reducción de daños a vegetación remanente, regeneración ^{1,3,5, 7, 8} Reducción de desperdicios en tocones ^{1,2,3} Reducción fustes dañados por caída ^{1,3,5,6} Reducción tamaño de claros ^{1, 5, 8} Aumento seguridad personal ^{1,3}
Extracción con tractor de oruga	Extracción con cable montado sobre tractor	Reducción de áreas de caminos ^{1,2,3,5}
Caminos “al ojo”, inversión baja	Caminos planificados según lineamientos de construcción de caminos	Mayor longevidad de caminos y menor área de caminos ^{1,5} Reducción de pasos por pendientes fuertes y/o cursos hídricos ^{1,9} Menor erosión ¹

Fuentes con ejemplos de la mitigación del impacto mencionado:

1 = Dykstra y Heinrich 1996 2 = Louman y Pereira 2001 3 = Winkler 1997 4 = Quevedo 1997 5 = Hendrison 1990
6 = Observaciones personales, La Técnica, Petén, Guatemala, 2001 7 = Venegas y Louman 2001 8 = Cruz 1998
9 = Obando 1997

La planificación operativa debe describir los diferentes componentes de todas las actividades que se van a realizar en un año específico (Fig. 3.1) y especificar para cada actividad las medidas de mitigación que se van a ejecutar.

⁶ El estudio de caso en Los Filos, Río San Juan, muestra que no siempre los claros y el área bajo caminos son menores en un sistema mejorado que uno convencional. Sin embargo, se demostró que el bosque remanente tenía mayor potencial para un aprovechamiento futuro cuando se usó el aprovechamiento mejorado (Sabogal *et al.* 2001).

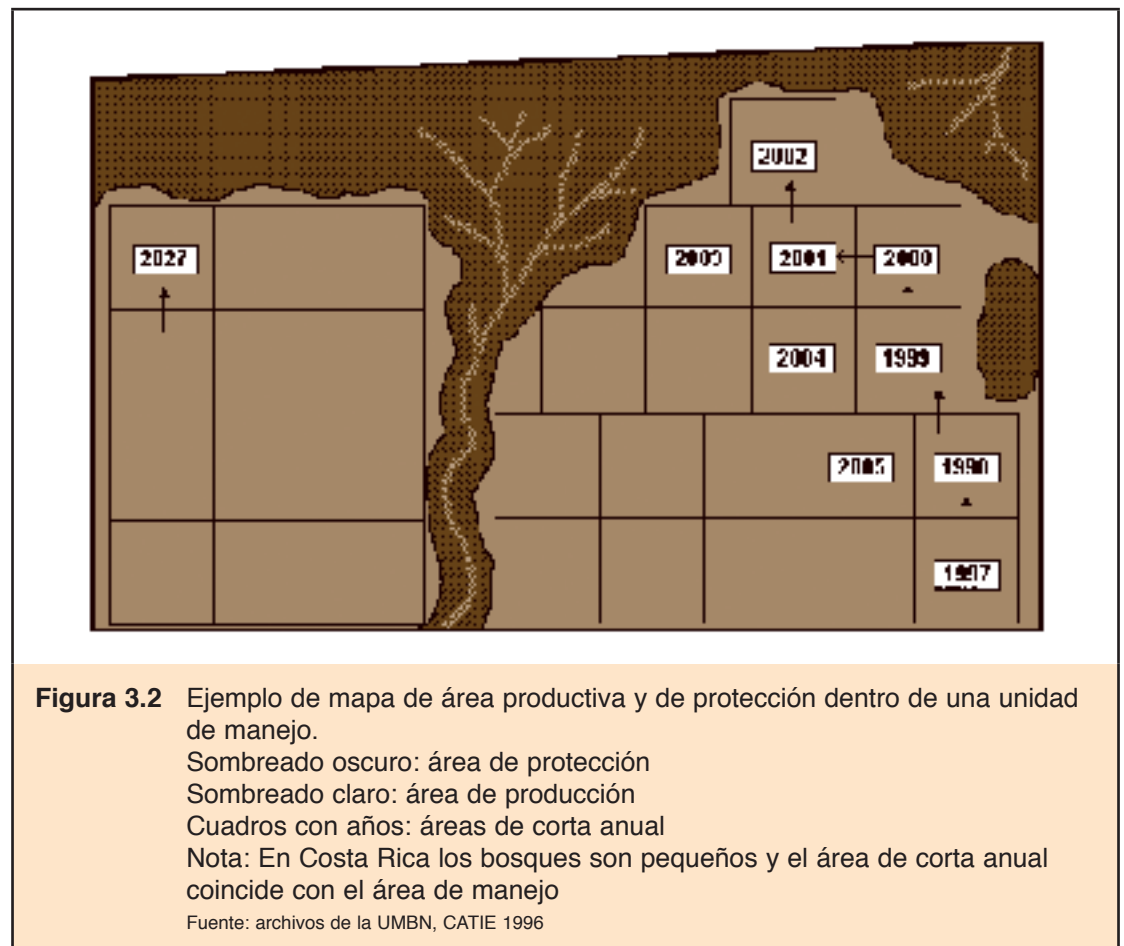


3.2.5 Periodo y sitio de aprovechamiento

El periodo de aprovechamiento depende principalmente del clima. En los bosques tropicales en general es buena política limitar el uso de maquinaria pesada a la época más seca, para evitar daños a los caminos e, indirectamente, a los suelos y cursos hídricos aledaños. Por esta razón, el plan general de manejo generalmente establece la época de ejecución del aprovechamiento. Es muy importante que el calendario de las actividades de planificación (censo, plan, evaluación del aprovechamiento del año anterior, permisos) se desarrolle durante ese periodo, para estar seguros de que se logrará aprovechar la época seca al óptimo. Muchas operaciones forestales en América Latina deben ser suspendidas porque no logran planificar ni tramitar los permisos a tiempo, o no disponen del equipo necesario en el momento apropiado.

Para evitar problemas, el plan general de manejo debe indicar cuándo se va a realizar el aprovechamiento y también incluir el calendario de planificación, el cual debe respetarse de la manera más estricta posible.

La mayoría de los planes de manejo también indican el área de producción y de protección. Estas áreas se determinan después de estudios de la topografía, hidrología y ecología del bosque, y no deben ser cambiadas sin justificación explícita y aceptable desde el punto de vista ecológico, económico y social (Fig. 3.2).



Dentro de las áreas de producción se deben indicar las ACA de los primeros 2 a 5 años. Generalmente se empieza a cortar en áreas que sean más accesibles, o con mayores existencias de madera. No obstante, según vimos antes, si se empieza a cortar en áreas con mayor abundancia, hay que ajustar el área de corta para evitar una reducción del volumen aprovechable en años posteriores. Una de las principales ventajas de una planificación de las áreas de corta a mediano plazo es que permite diseñar una red de caminos primarios y secundarios más eficiente, pues se diseñan de tal forma que los principales caminos necesarios para el aprovechamiento del primer año, también faciliten el acceso a las ACA de los años siguientes (Capítulo 4).



En esta sección hemos:

- Explicado la relación manejo – aprovechamiento y resaltado su importancia.
- Explicado las directrices principales que sigue el aprovechamiento:
 - El volumen de corta anual permisible (VCAP).
 - El sistema de aprovechamiento.
 - Los criterios de selección de los árboles que se van a cortar o a dejar.
 - Las medidas para la mitigación del impacto.
 - El periodo y sitio de aprovechamiento.

3.3 Recursos: el problema principal

La planeación del aprovechamiento requiere del mayor detalle posible; por lo tanto, el ingeniero forestal debe valorar los objetivos que se quieren cumplir con los recursos que tiene a su disposición para hacer la planificación y la ejecución del aprovechamiento. Si bien es cierto que los recursos en las economías centroamericanas son escasos, también es cierto que en muchos casos se planean cosas que no se pueden cumplir. Para evitarlo, es recomendable incluir en la planificación los recursos disponibles, tanto en la unidad de manejo como en el área de corta. En el primer caso, para seleccionar el sistema de aprovechamiento; en el segundo, para planificar en detalle qué, quién, dónde, cuándo y cuánto se va a hacer.

Cuando se selecciona el sistema de aprovechamiento no solo se deben considerar los aspectos silviculturales que dicta el plan de manejo, sino que se debe llegar a conocer muy bien el terreno y las cantidades y dimensiones del material a extraer. Cuando los objetivos de la operación están muy por encima de las capacidades del sistema que queremos utilizar, generalmente se termina cambiando calidad por cantidad, y entonces empiezan a surgir los problemas y las incongruencias con el ambiente.

Un ejemplo de Nicaragua muestra la importancia de conocer la disponibilidad de recursos en los momentos precisos. En Nicaragua, hay una estación seca de tres meses; por varias razones, no se logró conseguir el permiso de aprovechamiento hasta mediados del segundo mes. Además, hubo otros problemas con la disponibilidad de equipo, ya que se había contratado a particulares, pero como las operaciones no se iniciaron cuando debían, los dueños del equipo lo retiraron y lo alquilaban a otra empresa. Los responsables del manejo tuvieron que buscar y alquilar otro equipo, lo que les demoró otra semana.

La planificación de la ejecución del aprovechamiento debe reflejar los detalles de las diferentes actividades que se van a realizar en un ACA durante un solo año (a veces dos).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Una vez obtenido el permiso y el equipo de aprovechamiento se trató de aprovechar todo el VCAP en el mes restante; se trabajaron horas extras y se dejaron de lado las acciones precautorias (como evaluación del árbol antes de la tala, planificación de la red de vías de arrastre, uso del cable para la extracción). Las consecuencias fueron un mayor desperdicio de madera cortada, claros de mayor tamaño (varios individuos por claro), y una red de vías de arrastre más densa de lo que hubiera sido necesario en una operación planificada. En este ejemplo, una de las causas de los atrasos fue la falta de disponibilidad de personal calificado para la elaboración del plan de aprovechamiento en el tiempo adecuado, lo que también afectó la disponibilidad de otros recursos.

El ejemplo de Nicaragua muestra que en la planificación del aprovechamiento hay que considerar los recursos y sus interrelaciones. Tales recursos se pueden dividir en cuatro grupos básicos (Cuadro 3.5). La disponibilidad de cada uno de ellos debe de compararse con la necesidad de recursos en diferentes sistemas de aprovechamiento (Cuadro 3.6).

Cuadro 3.5 Recursos que hay que tomar en cuenta durante las diferentes fases del aprovechamiento forestal	
Tipo de recurso	Especificación
\$\$\$	a) Disponibilidad de dinero para la inversión inicial b) Capital disponible para la operación c) Ingreso por venta de madera (potencial)
	a) Personas capacitadas para cumplir con sus responsabilidades b) Tiempo disponible (fecha y duración) c) Dedicación
	a) Inversión en \$\$ y personal necesario b) Aceptabilidad ecológica c) Aceptabilidad social (fuentes de empleo)
	a) Flora (valor económico y ecológico) b) Fauna c) Aspectos biofísicos (suelos, pendientes, cursos hídricos, etc.)



Cuadro 3.6 Diferentes sistemas de aprovechamiento y sus necesidades de recursos				
Recurso (ver Cuadro 3.5)		Artesanal, aserrío en sitio	Industrial escala pequeña	Industrial escala grande
Dinero	a)	Poco	Mediano	Mucho
	b)	Poco	Mediano	Mucho
	c)	Poco	Mediano	Mucho
Personal	a)	Poco	Poca a mediana	Alta capacidad, mediana cantidad
	b)	Variable, ajustar a ciclo agrícola	Depende de estación, hay que considerar actividades dentro y fuera de finca	Depende de estación
	c)	Variable, depende de actividad	Mediano	Mucha para poder operar en forma eficiente
Equipo	a)	Poca	Mediana	Alta
	b)	Alta	Variable	Variable
	c)	Alta	Variable	Variable, depende de quién es dueño de operación
Ambiente	a)	Requiere pocas especies de alto valor	Variable	Requiere de muchas individuos, pueden ser muchas especies de valor variable
	b)	Pocas restricciones en aprovechamiento, controlar la caza	Peligro de fragmentación	Peligro de fragmentación y caza
	c)	Restricciones poco afectan actividades	Restricciones pueden hacer actividad económicamente no factible	Restricciones pueden sacar partes del área fuera de producción, pero operaciones generalmente siguen viables

Es posible que en algunos casos se tenga una alta disponibilidad de recursos financieros, tecnología moderna y adecuada, tanto en términos ecológicos como sociales, y que además logra cumplir con los objetivos productivos; sin embargo, hay poca gente capacitada para llevar a cabo la operación de alta tecnología en forma eficiente. Esta condición no impide un aprovechamiento industrial en gran escala, pero va a requerir un ajuste en el sistema de aprovechamiento (menos tecnología) o en la planificación de las operaciones. Será necesario, entonces, incorporar un programa de capacitación dentro del plan, tanto a mediano (PGM) como a corto plazo (POA).

En general, cuando los recursos son limitados pero se quiere hacer un buen trabajo, es recomendable trabajar con un mismo equipo siempre; es decir, el mismo motosierrista, tractorista, ayudantes, (o empresa que alquila el equipo) y, por supuesto, el mismo ingeniero.

El problema de la planificación pasa de ser un problema de escasez de recursos, a uno de compatibilizar las actividades necesarias con los recursos disponibles.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Esto permite ahorrar recursos; principalmente en las etapas de capacitación y planeamiento. Involucrar al personal de campo en la etapa de planificación generalmente brinda muy buenos resultados, pues se logra que los empleados se identifiquen con los intereses de la empresa y un mayor compromiso con el equilibrio ambiental (Dykstra y Heinrich 1996).

En esta sección hemos:

- Resaltada la importancia de conocer los recursos disponibles en la planificación del aprovechamiento.

3.4 Pasos de la planificación

La planificación del aprovechamiento incluye dos niveles, y en cada nivel hay varios pasos para asegurar que la planificación se realice en forma estructurada y completa. En el primer nivel, la planificación del aprovechamiento forma parte integral de la planificación a largo plazo, y los pasos son los siguientes:

- Definición de los objetivos de la organización (ver sección 3.1 para los objetivos generales del aprovechamiento).
- Establecimiento de base de datos para toda la unidad de manejo (ambiental, social y económico).
- Identificación de alternativas (y necesidad de recursos para cada sistema de aprovechamiento).
- Identificación de limitaciones (disponibilidad de recursos).
- Selección de alternativas (compatibilidad entre recursos disponibles y necesidades del sistema de aprovechamiento).
- Formulación de planes subsidiarios (plan quinquenal de aprovechamiento y posiblemente un plan de capacitación).

Estos pasos ya se han descrito en las secciones 3.2 y 3.3. En esta sección nos centraremos en los pasos de planificación en el segundo nivel. Los pasos son básicamente los mismos, pero su ámbito y escala difieren:

- Definición de las metas anuales dentro del marco de los objetivos del PGM.
- Establecimiento de la base de datos (inventario detallado de árboles comerciales, descripción detallada del sitio, incluyendo topografía y cursos hídricos, recursos humanos y equipo propio disponible, demanda por bienes y servicios para el periodo de planificación).
- Identificación de métodos alternativos para ejecutar el sistema de aprovechamiento propuesto en el PGM.
- Selección de alternativas.
- Descripción detallada de las actividades que se van a realizar, con responsabilidades, cronograma, necesidades de recursos, y productos esperados.



3.4.1 Definición de las metas anuales

Dykstra y Heinrich (1996) mencionan varios objetivos de la planificación del aprovechamiento (también citados en la sección 3.1). En general, en el plan de manejo se indicarán cuáles de estos objetivos son prioritarios y cuál será la estrategia para obtenerlos. Las metas anuales deben corresponder a estos objetivos y estrategias. Con base en los objetivos mencionados por Dykstra y Heinrich (1996), se pueden sugerir metas para cada uno de ellos (Cuadro 3.7).

Cuadro 3.7 Objetivos del aprovechamiento y sugerencias de metas anuales	
Objetivo	Metas anuales potenciales
Aumentar al máximo la productividad	Volumen a aprovechar por especie con base en censo y VCAP Ubicación y tamaño del área a aprovechar
Reducir al mínimo el impacto ambiental y efectos derivados de las operaciones	Área estimada de red de caminos: separar área para vías de arrastre y área para caminos secundarios y primarios Área estimada de claros Área basal de árboles extraídos y árboles dañados Cambios esperados en poblaciones de grupos específicos de fauna (preferiblemente cero) Cambios esperados en cantidad y/o calidad de agua (preferiblemente cero) Número y distribución de árboles semilleros y otros árboles de reserva a dejar Tamaño y ubicación de áreas de protección dentro del ACA
Conseguir un acceso adecuado al bosque	Longitud y calidad de caminos a construir Número y calidad de puentes, alcantarillas, cunetas, etc.
Tener en cuenta las necesidades de las comunidades vecinas	Metas negociadas con comunidad. Por ejemplo cantidad de animales a cazar, cantidad de leña a extraer, etc.
Reducir los costos, teniendo en cuenta las limitaciones impuestas por las consideraciones ambientales, ecológicas y sociales	Metas financieras, por ejemplo un cierto nivel de ganancia en % de los costos
Coordinar la extracción de otros productos forestales no madereros	Sitio, cantidad y periodo de producción de otros productos, metas de acceso, impacto, necesidades locales y costos
Proteger la salud y la seguridad del personal y del público en general	Metas cuantitativas para aumentar el uso de equipo de seguridad y el nivel de capacitación del personal



3.4.2 Establecimiento de la base de datos

La definición de las metas y su cumplimiento depende en gran parte de la información que se tenga sobre el potencial del bosque, la disponibilidad de recursos y la demanda por productos y servicios del bosque. Es decir que las metas se definen, por un lado, para planificar la recopilación de los datos necesarios para la planificación del aprovechamiento y, por otro, se ajustan paulatinamente según los resultados obtenidos: es un proceso interactivo. Primero se fijan metas estimadas, por ejemplo el tamaño de la ACA donde se va a hacer el censo; luego se realiza el censo, se procesan los datos y, con base en los resultados, se ajusta el tamaño del ACA si, por ejemplo, el volumen disponible difiere mucho del VCAP calculado en el PGM (ver sección 3.2.1). Igualmente, si la información del mercado indica que existe una demanda para otras especies no definidas como comerciales en el PGM, se debe calcular el VCAP para estas especies, medir su presencia en el ACA y agregarlas a las metas del volumen a cortar.

Ya que la recopilación de la información en forma confiable es un punto clave para la planificación de un aprovechamiento eficiente y efectivo, en la siguiente sección se describirá este proceso en más detalle.

Censo comercial

En los trópicos, los extractores convencionales utilizan el monte o mateo, que consiste en localizar los árboles que se van a cortar y señalar el recorrido mediante una pica. Estudios como los de Hendrison (1990) en Suriname, Quevedo (1997) en Bolivia y la Fundación Florestal Tropical en Brasil (Louman y Pereira 2001) demuestran que en muchos casos, este método no es el mejor para un aprovechamiento eficiente. Los principales beneficios del censo son que reduce el tiempo del uso de maquinaria y el volumen de madera que se pierde en el bosque por no poder encontrar el árbol después de ser marcado o talado. En áreas donde los árboles son muy valiosos pero su distribución es dispersa se puede perder mucho dinero utilizando un monte no estructurado.

Se recomienda hacer un censo comercial como base para la planificación del aprovechamiento.

Cuando el aprovechamiento esperado llega a varios árboles por hectárea y las medidas de mitigación del impacto requieren una buena distribución de árboles semilleros y evitar la formación de claros múltiples (por la caída de más de un árbol en el mismo claro), el monte no ofrece información suficiente para la planificación. Este es el caso de la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) en Costa Rica (Obando y Louman 2001, Recuadro 3.1).

El censo comercial es un inventario pie a pie de todos los árboles aprovechables en un compartimiento o área de corta anual. El objetivo del censo comercial es facilitar la planificación del aprovechamiento, por lo tanto, el censo debe de suministrar información sobre la ubicación de los árboles por cosechar y sobre las características físicas del terreno (pendientes, ríos, quebradas y pantanos), según Ortiz y Quirós (2002).

Existen varias metodologías para realizar censos comerciales; lo importante es que como resultado final se pueda obtener un mapa con la distribución espacial de los árboles por extraer y las características del terreno para trazar las vías de saca.

Selección de especies

Como primer paso del censo es importante tener un listado de las especies comerciales y sus DMC; con esta se definen cuáles árboles se van a medir durante el censo. El listado se deriva del PGM (especies comerciales con sus DMC) y de la información del mercado para el año siguiente (si hay nuevas especies actualmente comerciales). Por lo general se miden todos los individuos de especies actualmente comerciales a partir de su DMC. En el caso de aprovechamiento de sólo los árboles de especies muy valiosas⁷, como caoba (*Swietenia macrophylla*) y cedro (*Cedrela odorata*), o que el número de especies comerciales es limitado, puede ser que valga la pena incluir también los individuos de la próxima cosecha, para determinar su estado silvicultural (iluminación y forma de copa, presencia de lianas) mediante la metodología del muestreo diagnóstico (Hutchinson 1993) y determinar la necesidad de tratamientos silviculturales (Sagastume 2001, Louman y Pereira 2001).

Delimitación del ACA

Se recomienda delimitar el ACA en fajas o cuadrantes, con el número (de fajas y cuadrantes) necesarios para cubrir la superficie del ACA calculada en el PGM. Una de las metodologías más utilizadas consiste en el trazo de carriles paralelos (o fajas) cada 50 a 100 metros⁸.

Si luego el volumen aprovechable dentro del ACA delimitada difiere mucho de lo calculado con el inventario general, se puede quitar una faja completa y guardarla, junto con los datos del censo de esta faja, para el año siguiente. El ACA que tenga un largo de 1000 m o más se puede distribuir en cuadrantes de hasta 500 m de largo, para evitar que las fajas sean muy largas y los errores de cierre más grandes y difíciles de corregir. Además, se facilita el ajuste del tamaño del ACA al VCAP. Una vez que el tamaño del ACA es definitivo, hay que demarcar sus límites con mojones y marcas bien claras.

Para facilitar la ubicación de los árboles y otras características del bosque en el mapa, se suele marcar la distancia cada 25 m sobre el carril con estacas y una cinta de color.

Toma de datos dendrométricos

Ya trazadas las fajas o carriles, se puede iniciar el censo propiamente dicho. Cada árbol se identifica y se le mide el diámetro a altura del pecho (dap), la altura comercial (Hc)⁹, la condición del árbol (si tiene condiciones de árbol semillero, si está dañado, podrido o tiene mala forma (Ca)) y la dirección natural de caída (Dnc) (Cuadro 3.8). También se ubica cada árbol en un eje de coordenadas, o directamente en un croquis donde aparezcan los carriles a escala. Esta metodología permite dibujar directamente en el croquis las características del sitio, como presencia de caminos antiguos, quebradas, etc.

Maginnis *et al.* (1998) recomiendan que el trabajo se haga entre un técnico y dos asistentes de campo, para asegurar que el técnico anote los datos de las mediciones y supervise la toma correcta de los datos. Además, es importante tener un identificador de las especies arbóreas experimentado (baquiano).

⁷ Se justifica si los costos de extracción de otras especies superan los beneficios por venta, como ocurre en La Mosquitia de Honduras.

⁸ La distancia entre carriles depende de la visibilidad, topografía y densidad esperada de los árboles a censar dentro del bosque. En Guatemala se utilizó una distancia de 100 m (Sagastume 2001), en Bolivia hasta 250 m (Quevedo 1997), mientras que en Brasil (Louman y Pereira 2001), Costa Rica (Maginnis *et al.* 1998, Obando y Louman 2001) y Nicaragua (Sabogal *et al.* 2001) se utilizaron distancias de 50 m, 75-100 m y 100 m respectivamente.

⁹ Maginnis *et al.* (1998) indican que la medición de la altura comercial es difícil y toma relativamente mucho tiempo; por eso, recomiendan el uso de ecuaciones volumétricas o tablas de volumen que sólo requieren el dap como variable a medir.





Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Cuadro 3.8 Formulario para la toma de datos en un censo comercial

a) Información sobre la masa forestal

No. faja	No. de árbol	Coordenadas (m)		Especie (nombre común y/o científico)	Dap (cm)	Hc (m)	Ca	Dnc	Observaciones
		X	Y						

Dap = diámetro a la altura del pecho (1,3 m) Hc = altura comercial Ca = condición del árbol
Dnc = dirección natural de caída (p.ej. flecha, considerando azimut de la faja en dirección paralela a la hoja de registro)

b) Información topográfica

Estación sobre carril	Pendiente (%)	Distancia sobre terreno (m)	Observaciones

Fuente: Quirós y Louman 2000

Planificación del aprovechamiento forestal

Hay varias maneras de buscar los árboles a medir. La manera más común es hacerlo por fajas: se buscan todos los árboles aprovechables entre dos carriles adyacentes, a lo largo de la distancia entre ambos carriles. La experiencia, sin embargo, ha mostrado que es más eficiente que el técnico se ubique sobre un carril y los asistentes a ambos lados del carril, hasta media distancia hacia el carril vecino (Maginnis *et al.* 1998). En este caso, hay que tener cuidado de que el técnico siempre anote el lado del carril en el cual se encuentra el árbol: a la izquierda (-) o la derecha (+). La ubicación simultánea del árbol en un croquis del área ayuda a evitar errores en la ubicación en el mapa, debido a errores de anotación del técnico.



Datos topográficos

En sitios con pendientes que puedan afectar la extracción de la madera y/o el flujo de agua sobre el terreno es imprescindible agregar información detallada sobre la topografía. Se puede agregar columnas a la misma hoja de campo, como es el caso de Costa Rica (Cuadro 3.8b). Con esta información es posible construir mapas detallados con curvas de nivel y la ubicación de árboles y cursos hídricos en forma electrónica, como se describe en Recuadro 3.1, o en forma manual. Es importante asegurarse de que el número en la placa fijada en cada árbol durante el censo corresponde con el número en el listado y el mapa. Generalmente se toma esta información durante la instalación de los carriles, antes de la medición de los árboles.

Recuadro 3.1

Plan operativo de aprovechamiento de FUNDECOR en Costa Rica

La Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) programa en detalle las operaciones de aprovechamiento en el plan operativo anual: se definen los árboles que se cortarán, los remanentes y los portadores o semilleros; se diseñan las vías de extracción tomando en cuenta la pendiente e hidrografía del área y se ubican los patios de acopio. Una vez que el plan operativo está completo, las indicaciones se detallan en un mapa base que se entrega al operador contratado para realizar el aprovechamiento, quien elabora su propio plan de trabajo de acuerdo con los lineamientos plasmados en el PGM, bajo la supervisión del personal técnico de FUNDECOR.

Básicamente, el plan operativo (PO) comprende las siguientes fases:

- Determinación de áreas de protección y áreas de manejo
- Selección de los árboles que se cortarán y de los remanentes (semilleros, o a dejar por restricciones legales o técnicas)
- Planificación de la estrategia de aprovechamiento

Determinación de áreas de protección y áreas de manejo

FUNDECOR clasifica el ACA en terrenos con diferentes categorías de manejo, tomando en cuenta la legislación costarricense y sus propias experiencias. La clasificación usada se ilustra en el Cuadro 3.R.1.

El levantamiento topográfico es imprescindible para esta segregación y es importante hacerlo en forma tal, que genere datos confiables y representativos. Por su propia experiencia, FUNDECOR recomienda levantar los carriles de toma de datos en la dirección en donde se espera encontrar la mayor variación en pendientes y con una distancia de 50 a 75 m entre carriles. El acimut y la pendiente se miden cada vez que se presenta un cambio en la gradiente del terreno sobre el carril.



Cuadro 3.R.1 Clasificación del terreno en categorías de manejo, según la pendiente y distancia a los cursos de agua

Distancia (m)	Pendiente (%)	Categoría de manejo
0-15	Todos	Protección hídrica
15-50	0-35	Producción
	35-40	Tránsito restringido
	40-75	Protección hídrica
	>75	Protección por pendiente
> 50	0-35	Producción
	35-40	Tránsito restringido
	40-75	Protección hídrica
	>75	Protección por pendiente

Además, se registran las pendientes laterales sobre el carril cada 50 m, o cuando hay drenajes o pendientes fuertes paralelas a él. Luego se levanta una poligonal de cierre; el punto de partida y el final de cada carril deben coincidir en coordenadas geográficas y en elevación con un punto en esta poligonal. Si ese no es el caso, se corrigen los cálculos de las coordenadas y elevaciones mediante la distribución del error de levantamiento en posición y altura sobre todo el carril. En la Fig. 3.R.1 se presenta un ejemplo de los puntos de medición para un levantamiento en 15 ha de bosque.

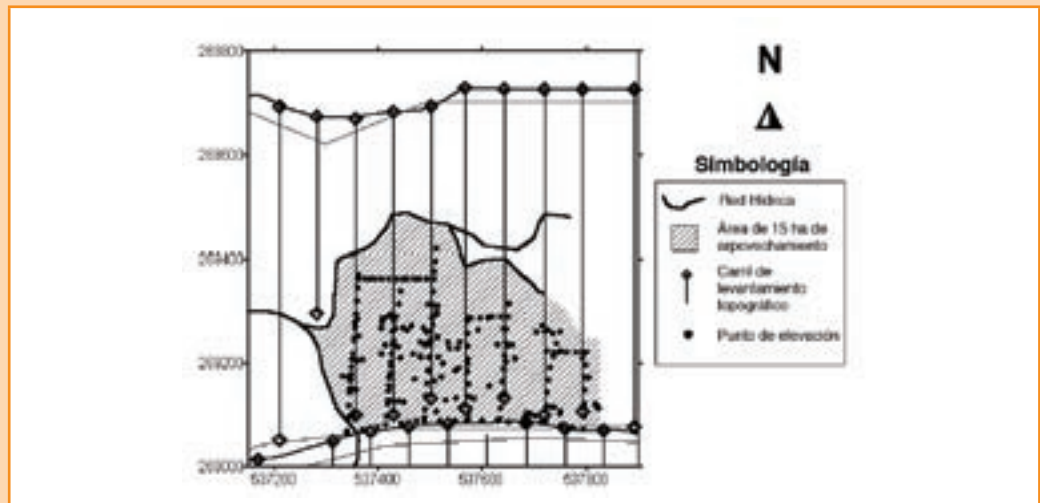


Figura 3.R.1 Sistema de carriles en un levantamiento topográfico ubicado en sentido perpendicular al de la red hídrica y con los carriles cada 75 m (tomado de Obando 2001).

La metodología para corrección de los errores de cierre se describe en detalle en el libro sobre inventarios de esta misma serie (Ortiz y Louman 2002).



Los datos de campo luego sirven para hacer un modelo de elevación digital con el programa SURFER¹ para Windows versión 6.0, que forma la base para la clasificación del terreno utilizando programas de cálculo incorporados en un programa de administración de Sistemas de Información Geográfica (SIG), en este caso IDRISI para Windows 95 (Fig. 3.R.2).

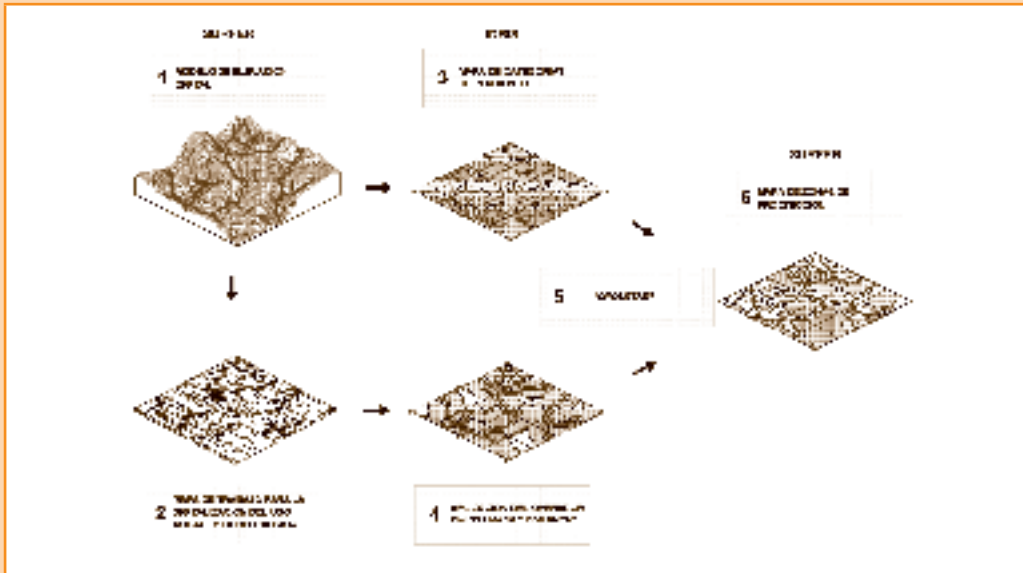


Figura. 3.R.2 Proceso de segregación de áreas para manejo y zonas de protección utilizando SURFER para Windows 6.0 e IDRISI para Windows 2.0

Fuente: Adaptado de Obando 2001

Selección de los árboles que se cortarán y de los semilleros

Una vez construido el mapa de zonas de protección se regresa al bosque para realizar el inventario general. Se determinan las especies que se van a aprovechar y la intensidad máxima de corta hasta la máxima legal de 60%, con base en los datos del inventario general y los DMC anteriormente establecidos por tipo de bosque y para cada especie. Luego se hace el inventario de todos los árboles comerciales de las especies determinadas, a partir del DMC y con una calidad de fuste apta para la producción de madera (censo comercial). Cada árbol censado se localiza con acimut, distancia y pendiente desde un punto conocido del sistema de carriles de levantamiento. Para cada árbol se registra el dap, altura comercial, altura total, posición de copa según Hutchinson (1993), forma, valor comercial, tipo de madera y observaciones (Cuadro 3.R.2).

¹ SURFER es marca registrada de Golden Software. No es el único software disponible en el mercado para este tipo de procesamiento de datos; el uso de este u otro software no necesariamente significa una recomendación por parte de los autores.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Cuadro 3.R.2 Ejemplo de formulario de campo utilizado para el censo comercial

Faja	Carril	Amarre	Árbol	Acimut	Dist.	% P	Dap	Hc	Ht	PC	Form.	Nombre común	Nombre científico	Valor comercial	Tipo	Obser.	Caída
1	1	C1-50	1	10	15	+10	95	10	20	1	B	Botarrama	<i>Vochysia ferruginea</i>	3	SD	Aprov.	
1	1	Árbol 1	2	125	10	-15	85	15	20	1	A	Pilón	<i>Hieronyma alchomeoides</i>	3	SD	Portador	
1	2	C2-75	3	30	2	0	100	20	30	1	A	Cedro amargo	<i>Cedrela odorata</i>	1	V		
3	2	C2-75	4	188	10	+15	75	12	20	2	A	Cedro maría	<i>Calophyllum brasiliense</i>	3	SD		

% P: porcentaje de pendiente; Hc: altura comercial; Ht: altura total; PC: Posición de copa; Form.: clase de fuste; Tipo: tipo de madera (SD semidura, V valiosa, S suave, D dura); Obser.: Observaciones; Caída: se indica la caída natural por medio de una flecha, considerando que la hoja tiene la dirección del carril.

Los datos geográficos de cada árbol se usan para ubicarlo en el mapa de zonas de producción utilizando el programa SURFER. Además, se determina la dirección de caída natural, la que se registra en el mapa como un cono con abertura de 30° en la dirección de caída y una longitud igual a dos veces la altura total del árbol (Fig. 3.R.3).

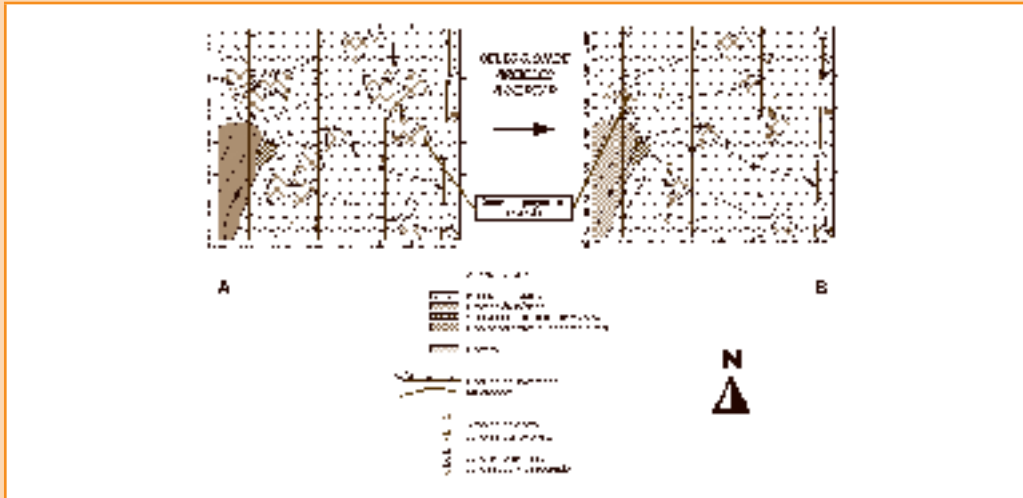


Figura 3.R.3 A: Conjunto de árboles potenciales de corta para evaluar de acuerdo con sus características fenotípicas. B: Árboles seleccionados para cortar una vez identificados los individuos de mejores características, candidatos a semilleros. En esta fase se trata de seleccionar aquellos árboles cuya caída generaría un claro individual

Fuente: Adaptado de Obando 2001

Los datos dasonómicos presentados en el Cuadro 3.R.2 se utilizan para construir distribuciones diamétricas del volumen y número de árboles censados por encima del DMC. Estas distribuciones permiten asegurar que el 60% del volumen de corta se encuentra distribuido por especie y por categoría diamétrica.

La información levantada y procesada permite seleccionar los árboles a cortar o conservar. El siguiente paso es revisar la ubicación de los árboles seleccionados para la corta en el mapa base, indicando para cada árbol una estimación del tamaño y dirección del claro que provocará su aprovechamiento (los conos en la Fig. 3.R.3). Sólo los árboles cuya eliminación no provocará una apertura exagerada del dosel superior pasarán a la lista final de árboles para la corta (Fig. 3.R.3B).

Planificación de la estrategia del aprovechamiento

Los principales productos de la fase anterior son: un listado de los árboles con sus características y los usos recomendados y un mapa base de aprovechamiento que integra la información sobre pendientes, cursos hídricos, usos actuales, árboles para corta, árboles remanentes, árboles de especies raras y árboles semilleros. Además, es posible visualizar otros aspectos que pueden ser útiles en la planificación del aprovechamiento, como distribución de los árboles de determinada especie o de determinada clase diamétrica. Básicamente, la planificación de la estrategia del aprovechamiento consiste en trazar las aproximaciones de las vías de extracción y patios de acopio sobre el mapa base del aprovechamiento, ya sea en forma manual o mediante el módulo PATHWAY de IDRISI (Obando 1997, Obando 2001).

Fuente: Adaptado de Obando y Louman 2001



Procesamiento de datos

La información recopilada se utiliza para calcular el volumen, área basal y el número total de árboles existentes por especie y clase diamétrica a partir del DMC. Con el mapa y el listado de árboles, se procede a seleccionar los árboles semilleros y los árboles aprovechables, tomando en cuenta los criterios establecidos en el PGM (sección 3.1) y la distribución de los árboles sobre el terreno; se debe evitar la agrupación de semilleros y el traslape de claros (ver ejemplo del Recuadro 3.1). Los árboles se marcan en el mapa, en el listado y en el campo. Luego, se procede a calcular el volumen, el área basal y el número de árboles que se va a extraer, en total y por hectárea. Para el cálculo de volumen es importante tomar en cuenta las observaciones de daños (% de fuste) realizadas durante el censo.

A continuación, se analizan los posibles daños que el aprovechamiento va a causar a otros árboles, en términos de área basal dañada y se estima el área basal que habrá que remover debido al aprovechamiento y los daños en porcentaje del área basal total a partir de 10 cm dap, para verificar que se cumple con los criterios legales nacionales del máximo de área basal eliminada con la operación de aprovechamiento (varía entre 20 y 40% según país y densidad del rodal).

El mapa con la ubicación de los árboles, curvas de nivel, cursos hídricos y áreas de protección sirve también para la planificación de caminos secundarios y la red de vías de arrastre (Capítulo 4).

Árboles de futura cosecha

Como se indicó anteriormente, en algunos casos se toman datos sobre los árboles de futura cosecha. Por ejemplo, en Guatemala se recomienda tomar datos de los árboles de especies comerciales a partir de 10 cm dap, pero en el mapa del censo se ubican sólo los de caoba y cedro que tengan un dap de hasta 30 cm menos que el DMC (Sagastume 2001), o de todas las especies comerciales (SCAV-NPV 1999). En este caso, el principal objetivo es evitar daños a estos árboles, considerarlos como semilleros del futuro y preparar un listado de los árboles de futura cosecha.

En Brasil se miden y ubican todos los árboles de especies comerciales con un dap hasta 10 cm menor al DMC (Louman y Pereira 2001). Una vez ubicados estos árboles, se utiliza el mapa para identificar las áreas con concentraciones de árboles de futura cosecha donde valdría la pena aplicar un tratamiento de liberación; así, las actividades silviculturales se concentran en los lugares donde, con poco esfuerzo, se puede favorecer a muchos árboles.

El Cuadro 3.9 muestra un ejemplo de los tipos de datos que se podría tomar. En Guatemala sólo se toman datos sobre el tamaño (dap), condición y ubicación del árbol (Sagastume 2001). En Brasil igual, pero sólo de árboles sanos (Louman y Pereira 2001). En Costa Rica no se toman datos sobre la futura cosecha durante el censo, sino que se hace un muestreo diagnóstico después del aprovechamiento pues, con las intensidades de aprovechamiento comunes en Costa Rica, la necesidad de tratamientos puede cambiar bastante. Los árboles de futura cosecha se ubican durante la operación de tala dirigida, con el fin de evitar dañarlos.

Planificación del aprovechamiento forestal



Cuadro 3.9 Datos que se deben tomar en el caso de que el censo incluya los árboles de futura cosecha

No. faja	No. árbol	Coordenadas (m)		Especie (nombre común y/o científico)	Dap (cm)	Cond.	Clase de iluminación	Forma de copa	Presencia de lianas
		X	Y						

Cond. = condición del árbol (semillero, deforme, dañado, podrido). Para la clase de iluminación, forma de copa y presencia de lianas se sigue la clasificación de Hutchinson (1993)

Costos del censo

El Cuadro 3.10 muestra un ejemplo del cálculo de costos del censo en la zona Huetar Norte de Costa Rica. Este costo de un poco menos de US\$3,50/ha es muy bajo, pero varía mucho según el sitio y las actividades que se toman en cuenta en el cálculo. En el cuadro, sólo se incluyen la medición y marcación de árboles. Otros autores han calculado costos por hectárea para el censo completo, incluyendo el análisis de los datos y la elaboración del POA y del mapa. Así, Quirós y Gómez (1998) llegaron a un costo de US\$26/ha en Sarapiquí, Costa Rica, y Sabogal *et al.* (2001) a US\$20/ha para un sitio en la zona de Río San Juan en Nicaragua.

Cuadro 3.10 Estimación de los costos de la medición y marcación de árboles durante el censo comercial (50 ha)

	Unidad	Cantidad	Costo unitario US\$	Productividad	Total US\$
Técnico forestal	Día	2	40	25 ha/día	80
Asistente de campo	Día	2 x 2	20	25 ha/día	80
Insumos: pintura en spray	Lata	7	1,5	1 lata/7,5 ha	10,5
Total					170,5

Fuente: Adaptado de Maginnis *et al.* 1998

3.4.3 Identificación y selección de alternativas

Los procesos de identificación y selección de alternativas empiezan con el procesamiento de los datos del censo. Por ejemplo, la determinación de si un árbol es semillero, de reserva, o aprovechable es una selección de alternativas para cada árbol individual. Sin embargo, en esta sección nos referimos más a la asignación de recursos de capital (equipo) y humanos a las actividades específicas del aprovechamiento, utilizando información del censo y de mercado y según la disponibilidad de recursos y el sistema de aprovechamiento definido en el PGM (Capítulo 2).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Entre las alternativas que hay que considerar están las siguientes:

- Tipo de motosierra a utilizar (depende del tamaño de los árboles y si el aserrío se hace en el sitio o no).
- Tamaño de cuadrilla de motosierristas (generalmente 2 o 3).
- Número de cuadrillas de motosierristas (depende del volumen por aprovechar, productividad de las cuadrillas, tiempo disponible y disponibilidad de personal capacitado).
- Tamaño, número y ubicación de patios de acopio (depende del terreno, volumen a aprovechar por hectárea, maquinaria a utilizar, tipo de transporte).
- Tipo y ubicación de vías de arrastre y caminos secundarios (depende del terreno, maquinaria, y ubicación de los árboles).
- Tipo y cantidad de maquinaria a utilizar para el arrastre (depende del tamaño de las trozas a extraer, el terreno, la distancia entre árboles y patios, costo de operación, disponibilidad de maquinaria de alquiler en la zona).
- En casos donde también hay otros productos a aprovechar, hay que determinar cuánto de estos productos se va a sacar, y cómo coordinar ese aprovechamiento con el de la madera.

La programación lineal es una herramienta que brinda información para la toma de decisiones.

La selección de las alternativas debe hacerse tomando en cuenta las ventajas y desventajas de cada alternativa. Estas se analizan en los siguientes capítulos de este manual.

Existen métodos relativamente objetivos para ayudar en la toma de decisiones sobre la mejor alternativa en una situación específica. Uno de estos es la programación lineal, la cual busca establecer relaciones lineales y limitaciones entre insumos y productos para cada objetivo. Aunque en la región centroamericana rara vez se aplica este tipo de análisis, vale la pena considerarlo, por lo menos para operaciones en gran escala o grupos de operaciones similares. Particularmente es útil hacer este tipo de análisis cuando se trata de seleccionar entre el uso de recursos escasos y/o caros. Por ejemplo, el uso de maquinaria pesada por un tiempo prolongado puede generar gastos muy altos, los cuales aumentan innecesariamente si se selecciona maquinaria poco apta para la ejecución de las actividades. El ejemplo ficticio del Recuadro 3.2 da una idea del tipo de análisis que se puede hacer, y cómo podría ayudar en la planificación del aprovechamiento. El análisis se puede extender incluyendo más variables y más limitaciones, usando programas electrónicos para buscar las opciones óptimas. Algunas limitaciones pueden ser inherentes a la empresa (p.ej. costos de producción, flujo de efectivo, disponibilidad de trabajadores, disponibilidad de maquinaria, capacidad de inversión, capacidad técnica del personal), o externas (requisitos legales, medio ambiente, estación de lluvia, problemas en la regeneración del bosque, disponibilidad de madera).



Recuadro 3.2

Uso de la programación lineal en la planificación del aprovechamiento Ejemplo ficticio

En un bosque tropical húmedo pequeño, hay 3200 m³ de madera para aprovechar. El dueño del bosque es un amigo suyo, quien prefiere hacer la operación del aprovechamiento él mismo, alquilando la maquinaria para la extracción. Su amigo le pide el favor de ayudarlo en la toma de decisiones sobre el equipo que deberá alquilar.

El tiene un presupuesto de US\$12.000, para cubrir los gastos de extracción, construcción de caminos y vías de arrastre. Ya que el bosque es pequeño, el prefiere hacer un solo patio, desde donde venderá su madera. La distancia promedio entre el patio y los árboles cortados es de 2 km, con una distancia máxima de 4 km. Ya que vive en una zona muy húmeda, tiene solo dos meses para extraer la madera, lo cual es equivalente a 360 horas efectivas de trabajo. Ahora necesita decidirse entre dos equipos de arrastre: un tractor de oruga D6 (*bulldozer*), o un tractor forestal con ruedas Caterpillar 528 (*skidder*). Los equipos provienen de dos empresas diferentes, cada una ha enviado al dueño el costo de alquiler por hora y datos sobre la capacidad de los tractores. No es posible utilizar las dos máquinas al mismo tiempo, porque su amigo quiere supervisar el trabajo y no puede supervisar dos máquinas simultáneamente.

El Cuadro 3.R.1 resume la información de ambos equipos.

Cuadro 3.R.1 Capacidad de trabajo de los equipos evaluados

	Volumen por viaje (m ³)	Viajes por hora	Costo construcción caminos (\$)	Costo alquiler (\$/hora)
Tractor en ruedas	7	2,0	5000	40
Tractor de oruga	10	0,67	1200	20

Para ayudar a su amigo en la toma de decisiones, usted necesita calcular cuál de las máquinas logrará extraer el mayor volumen en el tiempo y con el presupuesto disponible. Para ello, primero hay que responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las variables que indican la cantidad de madera extraída del bosque?
- ¿Cómo se combinan para extraer el volumen máximo?
- ¿Cómo se relacionan las limitaciones de tiempo y presupuesto con las variables de decisión?
- ¿Cuál valor de las variables de decisión me da el máximo volumen con las limitaciones que tenemos?

a) ¿Cuáles son las variables que indican la cantidad de madera extraída del bosque?

La cantidad de volumen extraído se determina por el número de viajes que cada tractor debe hacer y el volumen que carga por viaje. Entonces, las variables de decisión serán:

- Número de viajes del *skidder* ($=X_1$, 1 viaje significa 7 m³)
- Número de viajes del *bulldozer* ($=X_2$, 1 viaje significa 10 m³)



b) ¿Cómo se combinan para extraer el volumen máximo?

En otras palabras, ¿cuál es la relación matemática entre las variables que permite calcular el valor de cada una, de manera que la extracción cumpla con el objetivo de extraer la mayor cantidad de madera del bosque?. Normalmente, esta relación es la combinación del número de viajes y el volumen por viaje. En ecuación:

$$\text{Maximizar } 7X_1 + 10X_2.$$

En palabras, maximizar la suma de viajes de 7 m³ y de 10 m³ dentro del tiempo disponible. Si el número de viajes por unidad de tiempo y el costo por viaje fueran iguales para ambos tractores, lógicamente el máximo volumen se extrae con el tractor que lleva mayor volumen por viaje. En este ejemplo no es el caso: el tractor de oruga lleva más volumen por viaje y es menos costoso por hora, pero toma mucho más tiempo por viaje. Entonces, es necesario tomar en cuenta otros factores en el análisis.

c) ¿Cómo se relacionan las limitaciones de tiempo y presupuesto con las variables de decisión?

Limitaciones de tiempo. El *skidder* tarda 0,5 horas por viaje y el tractor de oruga 1,5 horas. Ya que no se puede alquilar las dos maquinarias al mismo tiempo y que el tiempo disponible es de 360 horas, mediante el uso de la combinación de ambas se logra cumplir con la ecuación:

$$0,5X_1 + 1,5X_2 \leq 360 \text{ (horas)}$$

El máximo número de viajes que el *skidder* puede hacer es de 720, lo que significaría un volumen extraído de 5040 m³, o sea, más de lo que existe en el bosque. Por otro lado, 360 horas de uso del *skidder* cuestan 360 x US\$40 = US\$14.400, lo que es más que el presupuesto total, aún sin tomar en cuenta la construcción de caminos, que cuestan US\$5000. Por otro lado, el *bulldozer* podría hacer 240 viajes, para un volumen extraído de 2400 m³; o sea que no se cumpliría el objetivo de sacar la cantidad máxima de madera, aunque el costo se ajusta al presupuesto (US\$7200 en alquiler y US\$1200 en construcción de caminos). La ecuación del tiempo, entonces, no da suficiente información para tomar una decisión. Hay que analizar también el factor presupuesto.

Limitaciones de presupuesto. El *skidder* tarda 0,5 hora por viaje, entonces cada viaje cuesta 0,5 * US\$40 = US\$20. El tractor de oruga cuesta por viaje 1,5 * US\$20 = US\$30. La construcción de la red vial es más cara si se usa el *skidder* (US\$5000, si sólo se ocupara el *skidder*, porque tiene poca capacidad para hacer su propio camino; US\$1200 para el tractor de orugas). Todos estos egresos deben salir del presupuesto de extracción, que se había fijado en US\$12.000. Entonces, la combinación del número de viajes del *skidder* y del tractor debe cumplir con las siguientes ecuaciones:

Si solo se usara el *skidder* ($X_2 = 0$):

$$(V_{e1}/V_a) * 5000 + 20X_1 \leq \text{US\$12.000}$$

Donde V_{e1} = Volumen extraído

V_a = Volumen aprovechable (3200 m³/año en este caso).



Por ejemplo, si se sacara todo el volumen (3200 m³/año) con el *skidder*, tendría que hacer $3200/7 = 457$ viajes ($X_1 = 457$). $V_{e1} = 3200 = V_a$ y $V_{e1}/V_a = 1$. Entonces se necesitarían:

$$\text{US\$}5000 + \text{US\$}20 * 457 = \text{US\$}14.140$$

Lo cual es más que el presupuesto total disponible y significaría un costo de US\$4,42/m³ extraído.

Si solo se usara el *bulldozer* ($X_1 = 0$):

$$(V_{e2}/V_a)*1200 + 30X_2 \leq \text{US\$}12.000$$

Donde V_{e2} = Volumen extraído

Se tendrían que hacer 320 viajes y se necesitarían $320 * \text{US\$}30 + \text{US\$}1200 = \text{US\$}10.800$ para extraer todo el volumen de madera, o sea, US\$3,38/m³ extraído.

Si se utilizaran ambos:

$$((V_{e1}/V_a)*5000 + 20X_1) + ((V_{e2}/V_a)*1200 + 30X_2) \leq \text{US\$}12.000$$

Por ejemplo, si se extrajeran 2200 m³ con tractor de oruga y 1000 m³ con el de ruedas, el costo sería:

$$((1000/3200)*5000 + 20*(1000/7)) + ((2200/3200)*1200 + 30*(2200/10)) = 1562,5 + 20 * 142,86 + 825 + 30 * 220 = \text{US\$}11.845 \text{ o } \text{US\$}3,70/\text{m}^3.$$

En la Fig. 3.R.1 se presentan las dos limitaciones en forma gráfica.

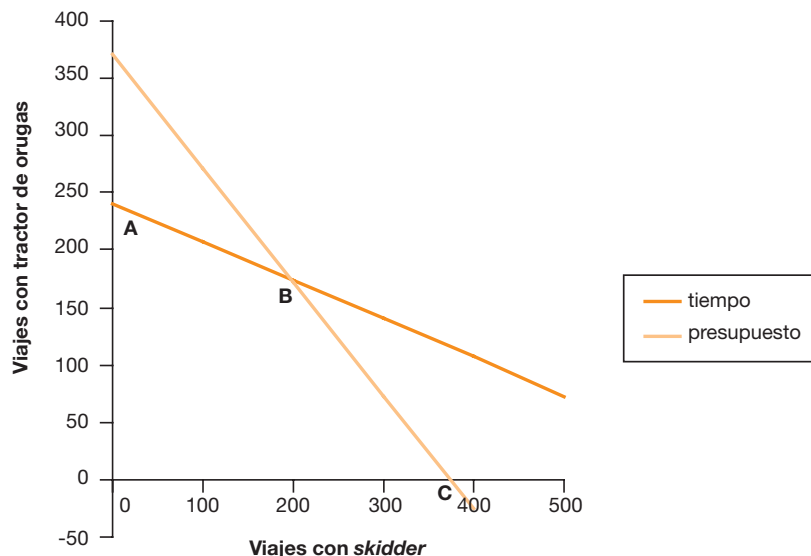


Figura 3.R.1 Limitaciones para el uso de tractores forestales en el arrastre. A, B y C son puntos en la curva que limitan las posibilidades del uso de los tractores por tiempo (A hasta B) o presupuesto (B hasta C)



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

El área bajo las curvas de tiempo y presupuesto que están encima del eje -X contiene todas las opciones viables dentro de las limitaciones existentes. La curva A-B-C es la curva máxima de las opciones viables; es decir, para determinado número de viajes del tractor de ruedas, el punto de esta curva que corresponde al número de viajes de este tractor, indica el máximo número de viajes que se puede hacer con el de orugas, tomando en cuenta el presupuesto y tiempo limitado. Entonces, si se decidiera hacer 300 viajes con *skidder*, el costo sería de US\$6000, más US\$3281 $(2100/3200 \times 5000)$ para la red vial y US\$2719 para el tractor de orugas. Con este presupuesto se podrían hacer 80 viajes con tractor de oruga $[(80 \times 30) + (800/3200 \times 1200) = \text{US\$}2700]$, para un total de 150 horas de *skidder* y 120 de tractor de orugas, lo que cae dentro del tiempo disponible (recuerde que una de las limitaciones era que no se podrían usar los dos tractores al mismo tiempo porque no sería posible supervisarlos simultáneamente). Con esta combinación se extraerían $(300 \times 7) + (80 \times 10) = 2900 \text{ m}^3$, lo cual es inferior al volumen de corta anual permisible.

d) ¿Cuál valor de las variables de decisión me da el máximo volumen con las limitaciones que tenemos?

Para determinar por cuanto tiempo se debería alquilar cada máquina y extraer el máximo volumen posible, se necesita incorporar la curva objetiva que indica cuáles combinaciones de *bulldozer* y *skidder* puedan extraer el volumen permisible de 3200 m^3 . El punto donde esta curva, o una paralela, toca la curva A-B-C es la combinación preferida (Fig. 3.R.2).

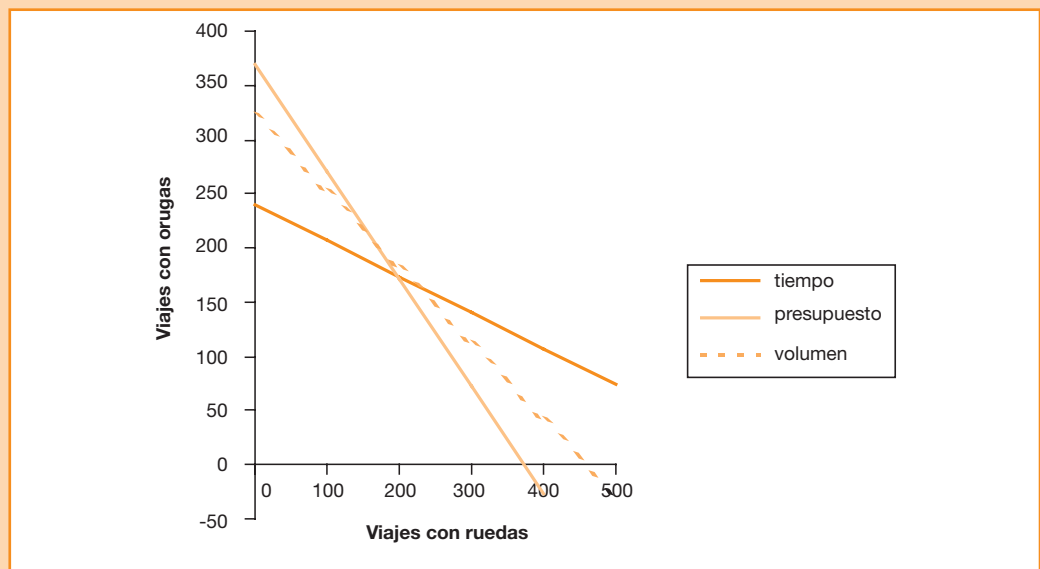


Figura 3.R.2. Expresión gráfica de las limitaciones y objetivo de uso de dos tractores forestales (extraer todo el volumen aprovechable en un año) para determinar la combinación óptima de los dos tipos de tractores. La curva de volumen indica la combinación de uso de tractores con la que se puede extraer el volumen completo. Cualquier curva paralela a esta curva indica las combinaciones posibles para niveles mayores (curvas paralelas hacia la derecha) o menores (hacia la izquierda) de volumen a extraer por año. El volumen óptimo a extraer con las limitaciones existentes será la curva paralela que toca la curva ABC en el punto B.



De la Fig. 3.R.2 se desprende que el máximo volumen que se va a poder sacar con las limitaciones de presupuesto y tiempo es donde tales limitaciones permiten la misma combinación de tractores (el punto B). En forma matemática:

$$0,5X_1 + 1,5X_2 = 360 \text{ (tiempo) y}$$
$$((7X_1/3200) * 5000 + 20X_1) + ((10X_2/3200) * 1200 + 30X_2) = \text{US\$12.000}$$

La segunda ecuación se puede re-escribir¹:

$$(10,94 + 20) * X_1 + (3,75 + 30) * X_2 = 12.000$$

Ya que de la primera ecuación se deriva que $X_1 = 720 - 3X_2$, la segunda ecuación equivale a:

$$(30,94 * (720 - 3X_2)) + (33,75 * X_2) = 12.000$$
$$22.276,80 - 92,82 X_2 + 33,75 X_2 = 12.000$$
$$-59,07 X_2 = -10.276,80$$
$$X_2 = 173,98 \text{ redondeado a } 174$$

La mejor opción, entonces, será alquilar el tractor de oruga para hacer 174 viajes durante un período de 261 horas, en tanto que el *skidder* deberá hacer:

$$X_1 = 720 - (3 * 174) = 198 \text{ viajes}$$

La solución óptima será, entonces, alquilar el *skidder* por 99 horas y el *bulldozer* por 261 horas. Así, se extraerían 3126 m³, utilizando todo el tiempo (360 horas) y presupuesto (US\$12.000) disponibles.

¹ $(7 * 5000/3200) * X_1 = 10,94 * X_1$

Una limitación de la programación lineal es el supuesto de que todas las relaciones entre insumo y producto son lineales. En la práctica no es así. Sin embargo, mientras tengamos esta limitación en mente, la simplificación nos ayuda mucho a tomar decisiones más informadas y objetivas. Además, hay que tomar en cuenta otros factores como la disponibilidad de capital para hacer la inversión, aspectos ecológicos y técnicos como la posibilidad de instalar los cables de extracción para usar el *skidder*, o la posibilidad de usar tractor de oruga para trabajar en pendientes (ver Capítulo 6). El estado de los equipos también influye en la toma de decisiones, así como la disponibilidad de los mismos. Para mayor información sobre la programación lineal y otras formas de ayuda en el proceso de toma de decisiones en el contexto de manejo forestal se sugiere leer Davis y Johnson (1987) y Leuschner (1984).

3.4.4 Descripción detallada de actividades

El siguiente paso de planificación es la descripción detallada de las actividades que se van a realizar, asignando responsables, sitios y tiempos a cada actividad. Los detalles deben ser suficientes para que cada responsable pueda hacer su plan y presupuesto individual, a partir de las descripciones recibidas.



En esta sección hemos:

- Citado los pasos de la planificación del aprovechamiento a largo plazo (descritos en las secciones 3.2 y 3.3).
- Descrito los pasos de la planificación del aprovechamiento a corto plazo:
 - Definición de las metas anuales.
 - Establecimiento de la base de datos
 - Censo comercial
 - Selección de especies
 - Delimitación del Área de Corta Anual (ACA)
 - Toma de datos dendrométricas
 - Datos topográficos
 - Procesamiento de datos
 - Árboles de futura cosecha
 - Costos del censo
 - Identificación y selección de alternativas
 - Descripción detallada de actividades

3.5 Presentación y uso del plan

En Centroamérica se ha logrado estandarizar el contenido del POA, como resultado de una propuesta de simplificación de dichos planes (CATIE/USAID 1994). Los siguientes puntos son los que un POA debe incluir:

- Aprovechamiento forestal: aprovechamiento de recursos maderables (ubicación y tamaño del área de aprovechamiento anual, resultados del censo, sistema de aprovechamiento, aprovechamiento de residuos), aprovechamiento de recursos no maderables y equipo a utilizar.
- Desarrollo de infraestructura: construcción y mantenimiento de caminos, desarrollo y mantenimiento de otros tipos de infraestructura.
- Método de regeneración del bosque.
- Actividades de protección del bosque: marcación y mantenimiento de linderos, rotulación del área y linderos, medidas de vigilancia, protección contra incendios.
- Cronograma de actividades.
- Informe de actividades del año anterior.
- Recomendaciones y observaciones.
- Mapas, anexos y otros.

En la guía centroamericana (CATIE/USAID 1994) se recomienda un formato, el cual ha sido paulatinamente adaptado a las necesidades nacionales (el Anexo 1 muestra un ejemplo). Dicho formato contiene las siguientes partes (ver también Quirós *et al.* 2004):

Resumen del Plan: En esta sección se debe hacer una breve descripción del Plan Operativo Anual (POA) y su relación con el Plan de Manejo Forestal (PMF) (o Plan General de Manejo (PGM)).



Objetivos: Presentar en forma cuantitativa lo que se pretende lograr con la puesta en marcha del POA. Por ejemplo, la cuantificación de una de las metas descritas en la sección 3.4.1.

Censo comercial: En el Cuadro 1 del formato (Anexo 1) se presentan los datos tomados durante el censo comercial; deben incluir solamente los árboles de especies comerciales con diámetro igual o superior a 40 cm o al DMC propuesto en el PGM. En la práctica, los datos que se incluyen dependen de los requisitos de cada país, por lo que se pueden dar algunas desviaciones en relación con el cuadro, o diferencias en los códigos utilizados. Se sugiere consultar las guías y normas nacionales antes de completar esta sección del POA.

Los resultados del censo comercial se deben resumir en un cuadro de distribución diamétrica de las especies censadas (Cuadro 2 del formato). Se debe indicar la intensidad de corta que se va a aplicar, la cual debe corresponder con la que se definió en el plan general de manejo.

Aprovechamiento: En los espacios correspondientes se debe señalar cómo se va a hacer el aprovechamiento de los árboles, con qué sistema de trabajo y qué equipos se van a utilizar en cada una de las operaciones.

Desarrollo de infraestructura:

- *Construcción y mantenimiento de caminos.-* La red interna de caminos se debe localizar en el terreno; en el mapa base (Mapa 2 del Anexo 1) se debe señalar el trazado de los caminos forestales y patios de acopio.
- *Desarrollo y mantenimiento de otros tipos de infraestructura.-* Indicar qué otra infraestructura será construida como parte de las actividades de manejo del bosque (campamentos, puentes, etc.).

Método de regeneración del bosque: Los detalles sobre el método de regeneración propuesto se incluyen como un agregado al POA, después de realizado el aprovechamiento. En algunos países, como en Costa Rica, se elabora un plan operativo de silvicultura que incluye estos aspectos.

Actividades de protección: Describir qué medidas se tomarán para evitar incendios, precarismo, talas clandestinas u otras.

Otras actividades: En este acápite se debe incluir cualquier otra actividad no descrita en la presente guía.

Cronograma anual de actividades: Se debe diseñar un cronograma mensual de las actividades que se van a ejecutar durante el periodo del POA.

Informe de actividades del año anterior: En algunos países se requiere una evaluación de las actividades de aprovechamiento del año anterior por parte de personal de la Administración Forestal del Estado o por regentes independientes antes de aprobar el permiso para el año entrante. Se propone resumir el informe de la evaluación en esta sección, y agregar observaciones de los responsables del aprovechamiento, dirigidas a identificar fortalezas y debilidades y mejorar la ejecución del aprovechamiento.

Observaciones y recomendaciones: Indicar aquí las observaciones y recomendaciones que se estimen convenientes para lograr el mejor cumplimiento del POA.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Mapas: Mapa de ubicación del área de corta anual de aprovechamiento (ACA) y mapa base para el aprovechamiento. Este último mapa debe incluir las curvas a nivel, ubicación de carriles utilizados durante el censo, ubicación espacial de los árboles censados, dirección de caída natural, características del terreno indicando los principales ríos y cursos de agua, trazo de la red vial (camino primarios y secundarios) y ubicación de los patios de montaña y cualquier información adicional que se considere relevante. Es importante realizar el mapa en una escala apropiada para su uso; es decir, una escala que permita ver los detalles necesarios para la planificación e implementación del aprovechamiento. Generalmente, la escala varía entre 1:1000 para operaciones pequeñas a 1:10.000 en operaciones muy grandes donde se extraen pocos árboles por hectárea. La mayoría de las operaciones necesitarían una escala entre 1:1000 y 1:5000.

De todo el contenido del plan, el mapa y los listados de las especies son las herramientas que más uso tienen en la ejecución diaria del aprovechamiento. Tanto los sierristas como los tractoristas y supervisores deben tener una copia de estas herramientas y ser capacitados en la interpretación de las mismas. Sólo así se logrará sacar provecho de los esfuerzos de planificación. Un experimento en Guyana mostró que en el primer año, la aplicación del censo y la elaboración del mapa de aprovechamiento significaron un costo adicional, porque los operadores no lograron interpretar la información de los planes y, entonces, no se mejoró el porcentaje de volumen extraído, no se hizo un uso más eficiente de la maquinaria ni se redujo el área de caminos (ECTF 2000). La capacitación del personal, combinada con una mayor supervisión de las actividades, redujo los desperdicios y el área de caminos y aumentó la producción.

En esta sección hemos:

- Citado el contenido de un Plan Operativo de Aprovechamiento.
- Presentado el formato del POA y presentado un ejemplo de formato (Anexo 1).

3.6 Mecanismos de retroalimentación

Una parte importante del proceso de planificación es la retroalimentación: analizar las actividades realizadas y sus efectos e impactos, comparar lo logrado con lo planificado en el POA, y dar recomendaciones para mejorar el proceso de aprovechamiento en los años siguientes. La planificación del aprovechamiento no está completa sin una descripción del mecanismo que se propone aplicar para asegurar la retroalimentación. Esta descripción debe incluir, como mínimo, indicaciones de cuando se va a evaluar cada actividad, cómo se va a hacer, quién debe hacerlo y en cuánto tiempo, cómo debe informar esta persona a los responsables de la planificación y ejecución del POA y en qué momento, y quién será el responsable de incorporar las recomendaciones en el POA del siguiente año. El Capítulo 13 analiza en detalle estos aspectos.

En esta sección hemos:

- Definido retroalimentación.
- Citado los componentes del mecanismo de retroalimentación a aplicar.



3.7 Problemas comunes en la planificación del aprovechamiento

En esta sección (Cuadro 3.11) se discuten algunos problemas comunes que se presentan durante la planificación del aprovechamiento y recomendaciones para lidiar con ellos. El objetivo es que los lectores tengan una idea del tipo de problemas que pueden ocurrir y estén alertas para evitarlos y/o resolverlos. Las sugerencias que presentamos no necesariamente son las únicas opciones para resolver los problemas mencionados. Se recomienda tomar en cuenta cada situación en particular y revisar si la solución propuesta realmente aplica al problema encontrado. Tampoco serán estos los únicos problemas que pudieran presentarse durante la planificación del aprovechamiento. Sin embargo, son los más comunes, de acuerdo con el criterio de colegas consultados.

Cuadro 3.11 Problemas más comunes encontrados durante la planificación del aprovechamiento en América Tropical	
Problemas comunes	Sugerencias para reducir su impacto
El mapa del censo es ilegible por la cantidad de información que se incluye	Revisar la escala Revisar la cantidad de datos tomados: incluir solo los necesarios para la planificación del aprovechamiento
El volumen del censo es mucho mayor al VCAP calculado con base en el inventario preliminar	Ajustar tamaño del ACA
No se logra aprovechar el volumen disponible para el año	Revisar condición del equipo de extracción Revisar selección del equipo (capacidad productiva) y ajustar equipo o ajustar volumen a extraer en siguientes años Hacer la planificación con tiempo para obtener los permisos necesarios para el aprovechamiento Asegurar que se aprovechan los árboles cortados en forma eficiente: tala dirigida para aprovechar más el fuste (tocón pequeño, fuste entero)
Se dejan muchos árboles cortados en el bosque	Asegurar que todos los árboles cortados estén marcados y correctamente ubicados en el mapa Asegurar que tractoristas saben usar y usan los mapas para ubicar los árboles No cortar árboles en áreas de difícil acceso para el tractor No cortar más árboles de los que el tractor puede extraer durante el año
El área bajo caminos y claros es mayor a lo permitido por los auditores/certificadores	Utilizar mapa del censo para planificación de red vial
El beneficio del aprovechamiento no logra cubrir los gastos de planificación y reducción de impactos negativos	Revisar el sistema de aprovechamiento Capacitar el personal en el uso de las herramientas de planificación Hacer estudios de tiempos y movimientos para identificar los cuellos de botella



En esta sección hemos:

- Presentado los problemas más comunes encontrados durante la planificación del aprovechamiento en América Tropical.

3.8 Bibliografía

- Brown Salazar, R. 2000. Efectos del aprovechamiento forestal en la riqueza, diversidad y composición florística de un bosque húmedo en la costa norte de Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 90 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1994. Modelo de simplificación de planes de manejo para bosques naturales latifoliados en la región centroamericana. Propuesta basada en las recomendaciones del taller “Simplificación de planes de manejo para bosques naturales latifoliados en la región centroamericana” 28 al 30 de junio 1994, Turrialba, CR, CATIE. 29 p + 4 anexos.
- Cruz, M. 1998. Validación financiera, técnica, ecológica y social del sistema de aserrío con motosierra y marco. Informe proyecto PD 47/94 REV. 3 (I) “Utilización industrial de especies forestales menos conocidas en los bosques bajo manejo forestal sostenible” (PROINEL). La Ceiba, Honduras, OIMT/AFE-COHDEFOR. 63 p.
- Davis, LS; Johnson, KN. 1987. Forest Management. 3rd Ed. New York, McGraw-Hill. 790 p.
- Dykstra, D; Heinrich, R. 1996. Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO. Roma, Italia. 85 p.
- ECTF (Edinburgh Centre for Tropical Forests). 2000. Report by Edinburgh Centre for Tropical Forests on reduced impact logging research: activities and outputs for the Baramna Company Limited. LTS International Ltd, Penicuik, Escocia. 43 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. IT). 1974. Logging and log transport in tropical high forest. A manual on production and costs. Roma, IT, FAO. 90 p. (FAO Forestry Development Paper no 18). (También existe en español).
- Granhölm, H; Vähänen, T; Sahlberg, S. 1996. Background document to the Intergovernmental Seminar on Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management. Held August 19-22 1996 in Helsinki. Helsinki, Finland, Ministry of Agriculture and Forestry. 131 p.
- Henderson, J. 1990. Damage-controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname. Agricultural University Wageningen, Netherlands. 204 p.
- Hutchinson, I. 1993. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. Turrialba, CR, CATIE. 32 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 204. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 7).
- Leuschner, WA. 1984. Introduction to forest resource management (reimpresión 1992). Krieger Publishing Company, Florida, USA. 298 p.
- Louman B; Pereira, R. Jr. 2001. Aprovechamiento y manejo del bosque en el área demostrativa “finca Cauaxi” de la Fundación Forestal Tropical (FFT). Manejo Forestal Tropical no. 20. 8 p.
- _____; Quirós, D; Nilsson, M. eds. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 265 p. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 46).
- _____; de camino, R. 2004. Planificación del manejo diversificado. In Orozco Vílchez, L. ed. Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. pp. 99-145. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 56).
- Maginnis, S; Méndez Gamboa, JA; Davies, J. 1998. Manual para el manejo de bloques pequeños de bosque húmedo tropical (con especial referencia a la Zona Norte de Costa Rica). San Carlos, CR, DFID/CODEFORSA. 208 p.
- Obando, G. 1997. Evaluación del desempeño de un diseño de vías de transporte menor asistido por computadora para el aprovechamiento selectivo de Guácimo (*Goethalsia meiantha*) en un bosque húmedo tropical de tierras bajas ubicado en Sarapiquí, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 105 p.
- _____. 2001. El uso de computadoras, programas e instrumentos electrónicos en la planificación y seguimiento de planes de manejo del bosque húmedo tropical. Un caso en Costa Rica. Roma, IT, FAO. 58 p. (FAO Documento de trabajo. Estudio de caso ordenación forestal. FORM/DT/01).



- _____; Louman, B. 2001. Uso de herramientas electrónicas en la planificación del manejo y el aprovechamiento. El plan operativo de aprovechamiento. Manejo Forestal Tropical no. 19. 8 p.
- Orozco, L; Brumér, C. eds. 2002. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba, CR, CATIE. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 50).
- Ortiz, S; Carrera, F; Ormeño, LM. 2002. Comercialización de productos maderables en concesiones forestales comunitarias en Petén, Guatemala.. Turrialba, CR, CATIE. 31 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 326. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 24)
- Ortiz, E; Louman, B. 2002. Medición y cálculo de áreas de bosque. In Orozco, L; Brumér, C. eds. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba, CR, CATIE. pp. 37-68. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 50).
- _____; Quirós, D. 2002. Definiciones y tipos de inventarios forestales. In Orozco, L; Brumér, C. eds. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba, CR, CATIE. pp 3-24. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 50).
- Quevedo, RC. 1997. Evaluación financiera de la planificación para el aprovechamiento forestal, en Santa Cruz, Bolivia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 81 p + anexos.
- Quirós, D; Gómez, M. 1998. Manejo sustentable de un bosque primario intervenido en la zona Atlántica Norte de Costa Rica. Análisis financiero. Turrialba, CR, CATIE. 22 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 303. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 13).
- _____; Louman, B. 2000. Sistemas de recolección de información para el manejo de bosques naturales tropicales en Costa Rica. Manejo Forestal Tropical no. 13. 8 p.
- _____; Bermúdez, G; Louman, B; de Camino, R. 2004. Los planes de manejo como herramientas para la planificación. In Orozco Vilchez, L. ed. Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. pp. 211-253. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 56).
- Rivas, H. 1999. Impacto del huracán Mitch en rodales intervenidos y no intervenidos, en tres sitios de la zona norte de Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 107 p. + 3 anexos.
- Sabogal, C; Castillo, A; Carrera, F; Castañeda, A. 2001. Aprovechamiento forestal mejorado en bosques de producción. Estudio de caso Los Filos, Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, CR, CATIE. 54 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 323. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 21).
- Sagastume, HM. 2001. Manual de planificación y ejecución de aprovechamiento forestales en las concesiones comunitarias de Petén. Turrialba, CR, CATIE/CONAP. 84 p. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 47).
- SCAV (Sociedad Civil Árbol Verde, GT) – NPV (Fundación Naturaleza para la Vida, GT). 1999. Plan de manejo integrado de la unidad de manejo “Las Ventanas”, Flores Petén. Flores, Petén, Guatemala. 151 p.
- Steege, H ter; Welch, I; Zagt, R. 2001. Long term effect of timber harvesting in the Bartica Triangle, Central Guyana. Forest Ecology and Management 5818:1-18.
- Venegas, G; Louman, B. 2001. Aprovechamiento de impacto reducido como tratamiento silvicultural en un bosque montano de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, CR. 55 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 325. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 23).
- Winkler, N. 1997. Environmentally sound forest harvesting. Testing the applicability of the FAO Model Code in the Amazon in Brazil. Roma, IT, FAO. 78 p. (Forest Harvesting Case Study no. 8).



Capítulo 4

Planificación y construcción de caminos forestales

- 4.1 Introducción
- 4.2 Clasificación de caminos forestales
 - 4.2.1 Red vial principal
 - 4.2.2 Red vial secundaria
- 4.3 Requisitos básicos para la construcción de caminos de impacto reducido
- 4.4 Planificación de la red vial
 - 4.4.1 Caminos primarios
 - 4.4.2 Caminos secundarios
 - 4.4.3 Vías de arrastre
- 4.5 Construcción de caminos
 - 4.5.1 Despeje de la vegetación
 - 4.5.2 Movimiento de tierra
 - 4.5.3 Obras de drenaje
 - 4.5.4 Distribución de la carpeta de rodado
 - 4.5.5 Compactación
- 4.6 Mantenimiento
- 4.7 Efectos ambientales de la construcción de la red vial
- 4.8 Consecuencias de la falta de planificación de la red vial
- 4.9 Bibliografía

Fernando Carrera
Bastiaan Louman
German López

La red vial abarca todo el conjunto de infraestructuras que permiten a la fuerza laboral (con equipo y maquinarias) llegar a las distintas áreas boscosas bajo manejo, así como transportar los productos.



4.1 Introducción

La red vial abarca todo el conjunto de infraestructuras que permiten a la fuerza laboral (con equipo y maquinarias) llegar a las distintas áreas boscosas bajo manejo, así como transportar los productos. Dependiendo de la topografía (pendiente, obstáculos naturales, accesibilidad), se puede recurrir a distintos medios para planificar la red vial, la cual generalmente está conformada por caminos principales, secundarios y vías de arrastre.

La importancia de la red vial para el aprovechamiento forestal depende del tipo de extracción que se pretende realizar. La extracción con cable, por ejemplo, requiere menos de la mitad de la longitud de vías que el arrastre con tractores, mientras que la extracción con helicóptero casi no necesita vías; sin embargo, su uso es muy restringido principalmente por los altos costos de producción.

Donde la situación socioeconómica obliga a aplicar métodos terrestres de extracción de la madera, la red vial es esencial para permitir el acceso al bosque. En muchos países tropicales, los caminos forestales cumplen la función de caminos públicos que facilitan el acceso terrestre a comunidades alejadas de los centros urbanos. Sin embargo, la ausencia de manejo puede, después de las operaciones de aprovechamiento, convertir los caminos forestales en vectores de migración de campesinos en busca de tierras, la cual es una de las amenazas de destrucción de los bosques más graves en Centroamérica. Por ello, es muy importante asegurarse de que el bosque manejado mantenga una cobertura forestal permanente.

Por lo general, la construcción y mantenimiento de la red vial es costosa; por eso, el diseño debe tener como objetivo disminuir costos mediante la reducción de la densidad por unidad de superficie, tratando en lo posible de minimizar el impacto al bosque remanente y al suelo (Foto 4.1). De todas las actividades que conforman el manejo forestal, la construcción de la red de caminos es la que más impacto causa, pues disminuye el área cubierta por la vegetación (caminos permanentes), reduce la capacidad de recuperación del sitio (caminos temporales) y, muchas veces acelera el proceso de erosión de los suelos en sitios aledaños. Por consiguiente, la longitud de los caminos no sólo debe responder a criterios económicos sino también a criterios ecológicos.

Entre las actividades de manejo forestal, la construcción de caminos es la de mayor impacto ecológico.

Una buena planificación, construcción y mantenimiento de la red vial es esencial para la sostenibilidad del manejo del bosque. Su correcta ejecución requiere de técnicos o ingenieros especializados. Es evidente que muchas empresas u organizaciones que laboran en los bosques en la región centroamericana no tienen la posibilidad de contar con este tipo de profesionales, y tratan de construir los caminos con los medios a su alcance, a menudo bajo supervisión de técnicos forestales o capataces. Este capítulo está escrito en particular para estos profesionales, no con el fin de capacitarlos en las técnicas de construcción de caminos, sino más bien para darles algunas pautas que les permitan mejorar las prácticas actuales.



Foto: Francisco Solano.

Foto 4.1 El mapa base de aprovechamiento es un instrumento indispensable para la planificación de la red vial. En la fotografía se aprecia al tractorista, motosierrista y su ayudante y al técnico durante la interpretación del mapa base de un aprovechamiento forestal en la zona Norte de Costa Rica.

El capítulo contiene una descripción simple de los tipos de caminos forestales, así como lineamientos generales para su construcción. Se abordan aspectos básicos de planificación, construcción y mantenimiento de caminos forestales; además, se analizan los efectos ambientales y consecuencias de la falta de planificación en la construcción de la red vial.

4.2 Clasificación de caminos forestales

En el neotrópico, los forestales suelen usar distintos términos para nombrar los tipos o clases de caminos forestales. Es importante la estandarización de terminologías para facilitar la aplicación de normas que permitan una adecuada evaluación de sus efectos sobre la sostenibilidad de las operaciones. En este libro utilizaremos una clasificación simple adaptada de Sessions y Heinrich (1993c).

4.2.1 Red vial principal

- **Camino de acceso.** Este es un camino permanente que conecta el bosque con un camino público. En los trópicos, los caminos de acceso a menudo se usan como caminos públicos.

- **Camino principal.** En operaciones grandes, se forman redes de caminos principales de donde se desprenden ramales o caminos secundarios. Generalmente permiten el transporte de madera durante todo el año.
- **Camino secundario.** Este es un camino temporal que permite el tránsito de camiones durante la época seca; es una ramificación del camino principal y se dirige a los patios de acopio. En muchas de las operaciones de aprovechamiento en pequeña escala en Centroamérica, los caminos secundarios conectan los patios de montaña con los caminos de acceso, formando la red vial básica de la operación.



Operativamente los camiones deben circular por los caminos; los tractores, por las vías o sendas de arrastre.

4.2.2 Red vial secundaria

- **Vías de arrastre.** Son rutas creadas con un movimiento de tierra mínimo por donde circulan los tractores para conectar los sitios de aprovechamiento con los patios de acopio.
- **Sendas de arrastre.** Van desde el tocón hasta la vía de arrastre más cercana. Para hacerla solamente se remueve la vegetación leñosa para facilitar la entrada de la maquinaria. La diferencia entre vías de arrastre y sendas es de particular importancia en operaciones donde se necesita agrupar las trozas antes de llevarlas al patio de acopio. El tractor primero lleva las trozas, una a una, hasta la vía de arrastre y luego transporta varias a la vez hasta el patio de acopio. En operaciones pequeñas a menudo los tractores no tienen suficiente potencia para llevar más que una troza a la vez, por lo que las vías de arrastre se extienden hasta los tocones.

En el Cuadro 4.1 se indican las características de las diferentes clases de caminos. Tales características deben tomarse como simples referencias, ya que las especificaciones técnicas pueden cambiar de país en país. Por ejemplo, en Nicaragua las normas técnicas para la construcción de caminos de aprovechamiento establecidas por el Instituto Nacional Forestal (INAFOR) establecen un ancho de calzada de 5,5, 4,5 y 3,0 m para caminos primarios, secundarios y vías de arrastre, respectivamente.

Tipo de camino	Máquina/uso	Ancho de calzada (m)	Radio mín. de curva (m)	Pendiente máxima (%)	Camiones por día (no.)	Velocidad tráfico (km/h)	Estimación costo (US\$/m)*
Acceso	Camión/ Permanente	7 - 10	50	6 - 8	>50	50 - 60	10 - 45
Principal	Camión/ Permanente	6 - 8	30	8 - 10	<50	25 - 40	24 - 34
Secundario	Camión/ Temporal	5 - 6	20	10 - 12	<6	15 - 25	3,4 - 24
Vía de arrastre	Tractor/ Temporal	3,5 - 4,5					1,0 - 3,4
Senda de arrastre	Tractor/ Temporal	3,5 - 4,5					0,2 - 0,3

*Costos actualizados al año 2000.

Fuente: Heinrich 1975, citado por Sessions y Heinrich 1993a



En esta sección hemos:

- Resaltada la importancia de la red vial dentro del aprovechamiento de impacto reducido
- Definido los tipos o clases de caminos forestales:
 - Red vial principal:
 - camino de acceso
 - camino principal
 - camino secundario
 - Red vial secundaria:
 - vías de arrastre
 - sendas de arrastre

4.3 Requisitos básicos para la construcción de caminos de impacto reducido

La construcción de caminos no solo debe velar por los impactos ecológicos y económicos, sino además, respetar los sitios de interés social y cultural.

Los ingenieros civiles tienen que estudiar varios años para aprender las técnicas adecuadas para la planificación, construcción y mantenimiento de caminos; por ello, no se puede pretender resumir todo en un capítulo de un texto introductorio como el que nos ocupa. Si el lector está seriamente interesado en la construcción de caminos forestales debe buscar la asesoría de un especialista en dicho campo.

En este libro resumiremos los requisitos básicos que pueden ayudar al forestal o responsable del manejo del bosque a supervisar y entender la planificación y construcción de sus vías de extracción. Esta sección se basa en los trabajos de Frisk (1971), Anaya y Christiansen (1986), Carrera y Pinelo (1995), Dykstra y Heinrich (1996), Keller *et al.* (1995) y Sessions y Heinrich (1993a).

Como ya se señaló, el objetivo principal de la red vial es dar un acceso conveniente y de bajo costo al bosque para la extracción de productos y la entrada de los equipos de manejo y protección del bosque. Es importante reducir la remoción de vegetación, la remoción y la erosión de los suelos y la sedimentación en los ríos asociada con la erosión. Además, es necesario respetar las áreas de importancia cultural, religiosa, estética, ecológica o social y asegurar la seguridad del personal y del público en general. Para cumplir con esas condiciones se deben seguir los siguientes lineamientos:

- **Utilizar personal capacitado en la planificación, supervisión y construcción de la red de caminos.** La construcción de caminos es la actividad más impactante y, muchas veces, la más costosa del manejo forestal; por eso, es importante planificar y supervisar adecuadamente su construcción. Como bien lo dicen Keller *et al.* (1995) “Una onza de buena planeación puede ahorrar una libra de costos de reparación y mantenimiento, así como evitar impactos ambientales adversos.”

En Centroamérica la mayoría de caminos forestales se construyen en forma empírica, con una planificación y supervisión mínimas. Esto se debe principalmente al reducido tamaño de las unidades de manejo y la tenencia de la tierra, que no estimulan la inversión a largo plazo. La mayoría de caminos forestales son construidos para extraer madera durante uno o dos años en la época seca y después son abandonados a su suerte.



- **Determinar la clase de caminos que se requieren.** Se deben comparar los costos anuales y por kilómetro de construcción, mantenimiento y uso de los diferentes tipos de caminos. El costo anual por kilómetro se puede obtener con la fórmula:

$$A = R + I + M + T$$

donde: A = costo anual por kilómetro (\$/año/km)

R= Costo anual de construcción del camino para el periodo de amortización

R= C/N (C = Costo de construcción del camino, N = número de años de vida del camino)

I= costo de interés anual de la inversión en el camino = $iC/100$
(i = tasa de interés anual)

M= Costo anual de mantenimiento

T= Costo promedio de transporte por kilómetro por m³ multiplicado por el volumen anual a transportar = $q * V$ (q = costo promedio de transporte por kilómetro por m³, V = volumen anual a transportar).

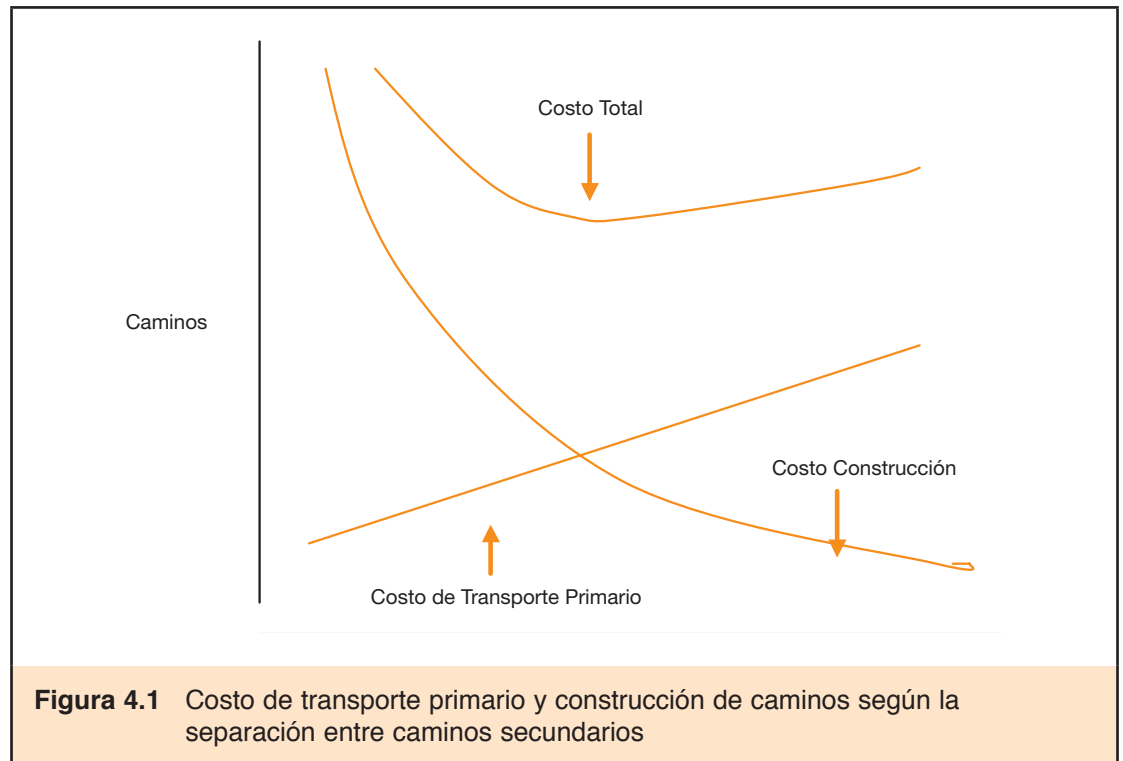
- **Minimizar la densidad de caminos por hectárea.** Para la planificación o el diseño de la red, uno de los criterios más empleados es la separación entre caminos cuya magnitud permite optimizar los costos de construcción y de extracción. La separación entre caminos determina la densidad de caminos, la cual se expresa en metros por hectárea y constituye una unidad de medida para indicar la magnitud de la red de caminos.

La densidad se puede determinar de dos formas:

$$\text{Densidad (m/ha)} = \frac{\text{longitud total de (m)}}{\text{superficie total (ha)}}$$

$$\text{Densidad (m/ha)} = \frac{10}{\text{Separación entre caminos (km)}} = \frac{10000}{\text{Separación entre caminos (m)}}$$

La separación óptima entre caminos se da cuando la suma del costo por unidad de volumen de construcción y transporte primario alcanza el valor más bajo. Si la separación es muy grande, el costo de construcción por unidad de volumen es bajo debido a que un kilómetro de camino recibe un mayor volumen de madera, pero aumentará el costo de transporte primario debido a la mayor distancia. Esto se expresa gráficamente en la Fig. 4.1.



En fórmula, se expresa de la siguiente manera:

$$CT * \frac{S}{4} + \frac{0,01R}{V * S} = \text{Valor más bajo}$$

donde:

CT = Costo del transporte primario por unidad de volumen y por kilómetro, sin considerar el costo de carga y descarga que no varía con la distancia.

S = Separación entre caminos en kilómetros. En teoría, la distancia promedio de transporte primario es S/4; sin embargo, dado que el transporte primario no es siempre perpendicular a los caminos, la distancia promedio es mayor.

R = Costo de construcción de caminos por kilómetro.

$\frac{0,01R}{S}$ = Costo de construcción de caminos por hectárea.

V = Volumen de madera por hectárea.

En terrenos con mucha pendiente y/o otros obstáculos para el arrastre se deben ajustar las distancias entre caminos para evitar los obstáculos. En el trópico americano a menudo se trata de disminuir los costos de construcción de caminos sin tomar en cuenta el aumento en el costo por una mayor densidad o longitud de vías de arrastre entre los caminos (Hendrison 1990).



En una operación extractiva planificada en Brasil por la Empresa Precious Woods se determinó que la distancia media de arrastre debía fluctuar entre 500 y 600 m, con una distancia máxima de 800 m. La densidad de caminos forestales debía variar entre 8 y 9 m/ha y 120 m/ha para las pistas de arrastre. En la Región Autónoma del Atlántico Norte en Nicaragua, la Empresa MADENSA emplea un mínimo de 3 km de carreteras o caminos forestales por cada mil hectáreas a intervenir, o lo que es lo mismo 3 m/ha.

- **Minimizar el área total afectada por la construcción de caminos.** Hay que limitar al mínimo indispensable la longitud de los caminos y el ancho de despale o derecho de vía; de esta forma, no sólo se reduce al mínimo la erosión sino también la remoción de la vegetación y el costo de construcción y mantenimiento de caminos.

Cuando hablamos de ‘mínimo indispensable’ debemos pensar en un ancho lo bastante grande como para permitir que el camino seque después de la lluvia. En su estudio sobre el efecto del diseño de caminos y la intensidad de cosecha en el daño causado por el aprovechamiento forestal en Bolivia, Gullison y Hardner (1993) afirman que el área total afectada por la construcción se puede minimizar si se construyen caminos rectos, se aumentan la intensidad de cosecha y el ciclo de corta, y se disminuye el área de corta.

- **Diseñar sistemas de drenaje superficial y subterráneo adecuados para el sitio y tipo de camino.** Este aspecto es el más importante del diseño y la construcción de caminos desde el punto de vista ambiental y económico, y requiere datos detallados de suelos, clima y experiencia en el área para una buena planificación en gabinete y en el campo. Generalmente implica la excavación de cunetas y la construcción, a intervalos apropiados, de estructuras de drenaje transversales (desagües) para canalizar el agua hacia las zonas de vegetación contiguas a los caminos (Foto 4.2). Pueden ser estructuras sencillas y poco costosas, pero que con frecuencia se descuidan a pesar de ser indispensables para minimizar la erosión del suelo que la construcción de caminos provoca en zonas de abundante precipitación. El costo de estas estructuras se recupera con creces al reducirse el costo de reconstruir el camino y disminuir los retrasos debido a limitaciones de paso.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales



Foto: Hans Tanner.

Foto 4.2 Camino principal con sistema de drenaje en Villa Mills, Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Nótese la boca de la alcantarilla, la cuneta y el bombeo del camino.

- **Minimizar cambios en el patrón natural de drenaje.** En la medida de lo posible, se debe evitar bloquear cursos de agua con rellenos que formen represas que alteren drásticamente el paisaje. Para evitarlo, se deben construir puentes o alcantarillas adecuadas (Foto 4.3). En el bosque se pueden encontrar árboles huecos que pueden cumplir la función de alcantarillas, con lo que se reduce el costo de la obra.



Foto. David Quiros Molina.



Foto 4.3 Alcantarilla ubicada en el paso de un curso de agua. Layasiksa, RAAN, Nicaragua. El material de construcción proviene de madera de deshecho de una industria de plywood.

- **Evitar la construcción de caminos en áreas con suelos muy húmedos o con alto riesgo de erosión.** El costo de los caminos en estas áreas es muy elevado, tanto por la construcción inicial como por los trabajos más intensos de mantenimiento que serán necesarios.
- **Minimizar el movimiento de tierra y utilizar equipo apropiado para este fin.** En laderas muy abruptas y erosivas deben utilizarse excavadoras hidráulicas que eviten que el material excavado sea arrojado lateralmente. Cuando sea necesario realizar movimientos deberán emplearse técnicas apropiadas y el material excavado deberá depositarse en zonas estables alejadas de los cursos de agua.
- **Mantener pendientes suaves.** En términos generales, los caminos deben ir por donde las pendientes sean mínimas, ya que la erosión se incrementa con la pendiente y los drenajes son difíciles de controlar en pendientes fuertes. En algunos países se recomienda que la pendiente máxima oscile entre 10 y 20% (6-11°), salvo en algunos tramos cortos en los que la pendiente ha de ser mayor para permitir el acceso a lugares de diferente altitud. Es necesario tener presente que a mayor pendiente, mayor el costo de construcción y mantenimiento.
- **Utilizar crestas estables para la ubicación de los caminos.** Donde sea posible, los caminos deben transcurrir por zonas elevadas para mantenerlos a la mayor distancia de los drenaje naturales, salvo en los casos en que la extracción se realice por medio de cables aéreos en combinación con caminos en las partes bajas.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- **Planificar y construir caminos con suficiente tiempo antes de la extracción para permitir la compactación de la base y el secado antes de usarse.** Cuando sea posible y los estudios económicos lo permitan se recomienda aplicar una capa de grava en los caminos primarios para garantizar el tránsito durante todo el año.
- **Asegurar la cobertura de vegetación baja en los taludes, una vez terminada la construcción.** Es mejor una vegetación baja y arbustiva o de gramíneas que los árboles de crecimiento rápido que dan sombra al camino e impiden que se seque después de los períodos de lluvia. En algunas regiones tropicales puede ser necesario controlar las especies pioneras que brotan aceleradamente tras el desmonte de los bordes, para que los caminos puedan secarse.
- **Mantener adecuadamente la superficie de los caminos, las cunetas, las estructuras transversales de drenaje y los cruces de cursos de agua.** Los caminos secundarios pueden cerrarse si no se han de utilizar hasta el siguiente ciclo de corta.

En el siguiente Recuadro se citan algunos criterios para reducir el impacto ambiental en los caminos.

Recuadro 4.1

Formas específicas para reducir el impacto ambiental en los caminos

- Reducir al mínimo el ancho de plataforma.
- Reducir al mínimo la alteración de los patrones de drenaje.
- Garantizar un drenaje superficial adecuado.
- Evitar áreas problemáticas, tales como zonas inestables y muy húmedas.
- Establecer una distancia adecuada a los riachuelos y reducir al mínimo el número de cruces.
- Diseñar cruces de cursos de agua con la capacidad y protección de erosión adecuada.
- Utilizar superficies de caminos estables y drenajes subterráneos, donde y cuando sea necesario.
- Reducir la erosión mediante una buena cobertura vegetal al terreno en cortes, rellenos y cualquier área perturbada o expuesta.
- Usar ángulos estables para pendientes de corte y relleno.
- Usar medidas de estabilización de laderas y estructuras y el drenaje necesario.
- Aplicar técnicas especiales al cruzar ciénagas, áreas de rivera y para controlar cárcavas.
- Brindar mantenimiento periódico completo al camino.
- Cerrar caminos cuando no se utilicen o cuando ya no sean necesarios.

Fuente: Keller *et al.* 1995

En esta sección hemos:

- Establecido los lineamientos necesarios que la construcción de caminos de impacto reducido debe seguir para reducir los impactos ecológicos y económicos, respetar los sitios de interés social y cultural y asegurar la seguridad del personal y del público en general.

4.4 Planificación de la red vial

Desde el punto de vista ambiental, los caminos forestales constituyen, sin duda, el aspecto más problemático de las operaciones de aprovechamiento de madera. Se trata de complicadas estructuras de ingeniería, de las que depende la eficiencia del transporte y que son fundamentales para el acceso seguro al bosque para efectos de ordenación y vigilancia (Dykstra y Heinrich 1996). Por ello es necesaria una planificación integral para la adecuada localización, diseño, construcción y mantenimiento de los caminos forestales y estructuras auxiliares, a fin de cumplir con los objetivos ambientales y económicos.

El camino principal es la columna vertebral de la red, a partir del cual se ramifican los caminos secundarios y de estos, las vías de extracción. Como dice Frisk (1980) *no se trata entonces solamente de construir un camino para llegar de aquí hasta allá, sino de integrar la red, como un hilo dentro de una telaraña.*

Uno de los aspectos más importantes en la planificación de la red vial es la ubicación u orientación de los caminos. Muchas veces, un corto trecho de camino con exceso de pendiente o con drenaje deficiente puede restringir el tráfico en los tramos que no tienen ninguna limitación para el tráfico.

Para la ubicación de un camino forestal hay que tener presentes dos reglas básicas:

- Debe permitir el mejor acceso al recurso forestal.
- Debe aprovechar al máximo las características favorables de la zona, pero manteniendo bajos los costos de construcción y mantenimiento. Entre las características favorables están el buen drenaje, la trayectoria del sol, los sectores sin pendientes fuertes.

Para la planificación de la red vial es importante tener muy claros los objetivos de la red, el tipo de transporte que se va a utilizar y los volúmenes por hectárea que se piensa extraer. Esta información es necesaria para definir los tipos de caminos que habrá que construir.

4.4.1 Caminos primarios

El diseño de la red de caminos primarios puede iniciarse con un cálculo de la densidad óptima y la ayuda de mapas topográficos, edáficos e hidrológicos. Si la topografía, hidrografía y los suelos lo permiten, este tipo de caminos deben construirse en línea recta, acortando la distancia entre el bosque y el destino del producto. No obstante, es poco probable que esto se logre en los bosques húmedos tropicales de la región centroamericana debido a su accidentada topografía e hidrografía.

Según Frisk (1971), el reconocimiento de campo es muy importante para verificar las condiciones actuales del terreno, ya que muchas veces los mapas topográficos tienden a simplificar o generalizar demasiado la topografía y las fotos aéreas exageran las diferencias de elevación. La localización de campo a menudo requiere varias evaluaciones *in situ* de la ruta propuesta o de rutas alternas.



En la planificación de la red vial se deben considerar las características del terreno y el acceso al recurso.

En el diseño de los caminos primarios hay que considerar los puntos de control positivos y negativos.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Un elemento central para el diseño de la red vial primaria son los puntos negativos de control y los puntos positivos de control (o puntos obligatorios). Los lugares que no pueden ser cruzados por la red vial se consideran *puntos negativos de control*, como grandes rocas, pantanos, pendientes inestables con peligro de deslizamientos, biotopos protegidos. Los *puntos positivos de control* son aquellos lugares que tienen que ser abarcados por la red vial; estos pueden ser indispensables (de primer orden: conexión con la red vial pública, lugares apropiados para cruzar ríos), importantes pero no indispensables (de segundo orden: fuentes de arena o grava para el lastrado del camino), o de poca importancia pero que pudieran ser considerados si hubiera que escoger entre varias opciones (de tercer orden: caminos viejos que podrían ser rehabilitados).

De preferencia, un camino principal debe cubrirse con una capa de lastre para permitir su uso durante todo el año (Foto 4.4). No obstante, cuando el costo del lastrado es prohibitivo, como en muchos lugares de la Amazonia, no queda otra alternativa que planificar medidas para mantener el camino en buen estado principalmente en cuanto al drenaje. Entre las principales medidas que se deben tener en cuenta están la apertura o despeje de vegetación de hasta 50 metros de ancho en suelos mal drenados para que el camino seque lo más rápido posible después de las lluvias, mantener el bombeado adecuado y en buen estado para facilitar el drenaje del agua y la no circulación de vehículos cuando el terreno esté húmedo.



Foto: CATIE.

Foto 4.4 Camino principal cubierto de lastre. Villa Mills, Cordillera de Talamanca, Costa Rica

4.4.2 Caminos secundarios

Para caminos secundarios, la planificación toma en cuenta los mismos criterios que para caminos principales, aunque su carácter temporal la hacen más flexible. Un factor que se debe tener presente en la planificación es la concentración de árboles aprovechables y la ubicación de los patios de acopio, que en definitiva son los puntos meta de los caminos secundarios.

El mapa de distribución de árboles comerciales y de características del terreno, elaborado con base en el censo comercial, es muy útil para el trazado de caminos y pistas de arrastre (Foto 4.5). Una vez que se han identificado los árboles que se van a extraer y los diferentes obstáculos en el mapa base de aprovechamiento, es posible dibujar a mano alzada un diseño funcional de vías secundarias que atraviesen las mayores concentraciones de árboles por cortar, procurando establecer la menor longitud de caminos posible y evitando el paso por áreas críticas (zonas de protección hídrica, protección por pendiente y protección por riesgo de erosión). Por su carácter temporal, los caminos secundarios no son lastrados pero, al igual que los caminos primarios, se deben establecer medidas para mejorar el drenaje.



Foto. Bastiaan Louman.

Foto 4.5 Mapa base de aprovechamiento donde se aprecia el diseño de la red vial



4.4.3 Vías de arrastre

Como antes dijimos, las vías de arrastre son rutas por donde circulan los tractores para conectar los sitios de aprovechamiento con los patios de acopio. En la mayoría de las operaciones forestales en Centroamérica, el tractor llega hasta el sitio donde se encuentra el árbol tumbado, se engancha la troza con el cable y se arrastra hasta el patio de montaña; durante este recorrido se producen alteraciones a la masa remanente, las cuales pueden evitarse si se emplea un ‘winche’ desde las vías de arrastre.

Si el bosque tiene altas densidades de árboles, se recomienda utilizar el ‘winche’ al máximo desde las pistas de arrastre, sin tener que llegar al sitio de tumba. Para arrastrar la troza desde las vías de arrastre se debe considerar el doble del largo del cable como distancia máxima entre vías de arrastre. En estos casos hay que asegurarse de que tanto los operarios como el equipo cumplen con las condiciones para el uso óptimo del ‘winche’ (ver Capítulo 6 sobre Operaciones de saca).

En Costa Rica, a diferencia de otros países de la región, la Administración Forestal del Estado (AFE) exige el levantamiento de un mapa de curvas de nivel como parte del Plan Operativo Anual de aprovechamiento (POA). La información colectada en el campo es procesada con el auxilio de algunos programas computarizados como el SURFER, el cual permite obtener curvas de nivel que, junto con el mapa de distribución espacial de los árboles, aportan información básica para trazar los caminos a mano alzada en el mapa.

Los modelos computarizados son de gran ayuda en la planificación de caminos forestales.

En la actualidad se vienen desarrollando programas por computadora para ayudar a planificar la ruta de los caminos de extracción. La Fundación para la Conservación de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) en Costa Rica, ha logrado grandes avances al respecto mediante el operador de distancia Pathway de IDRISI (Recuadro 4.2). Este operador realiza una selección automatizada de todas las rutas posibles que unen dos puntos en una superficie de fricción determinada, y finalmente selecciona aquella con la cual el costo total de desplazamiento es el mínimo posible (Obando 2001).

Para cualquier procedimiento asistido por computadora, la calidad de la información es vital. En este caso en particular, el diseño de la red de transporte depende de la precisión del modelo de elevación digital utilizado en el análisis del algoritmo Pathway. Los modelos de elevación digital serán poco precisos si los levantamientos topográficos no son exactos, si se utilizan equipos de baja precisión y distancias amplias entre carriles, y si el desempeño de la técnica de interpolación utilizada es pobre. Por eso, los resultados obtenidos por computadora deben considerarse como una propuesta a la hora de establecer el modelo en el campo (Obando 2001).

Las concesiones forestales en Petén constituyen un caso especial. Allí, las vías de arrastre son abiertas manualmente con machete y motosierra. A esta labor se le conoce como “pre-wineo” y sus objetivos son: minimizar el daño a la vegetación remanente causado por la apertura de vías de arrastre en forma mecanizada, elevar el rendimiento de la maquinaria –lo cual tiene repercusiones en los costos– y, por último y no menos importante, generar fuentes de empleo para la mano de obra no especializada.

En todo caso, con o sin “pre-wineo”, se recomienda abrir las vías de arrastre una vez tumbado el árbol para facilitar su extracción con el mínimo daño posible al bosque remanente.



Recuadro 4.2

Uso de herramientas electrónicas en la planificación del manejo y el aprovechamiento

En el capítulo anterior, Recuadro 3.1, se analizó el plan operativo de aprovechamiento de FUNDECOR. Los principales productos de ese plan son un listado de los árboles con sus características y usos recomendados y un mapa base de aprovechamiento que integra la información sobre pendientes, cursos hídricos, usos actuales, árboles para corta, árboles remanentes, árboles de especies raras y árboles semilleros. Además, es posible visualizar otros aspectos de utilidad para la planificación del aprovechamiento, como la distribución de los árboles de determinada especie o determinado tamaño diamétrico. Básicamente, la planificación de la estrategia del aprovechamiento consiste en trazar las aproximaciones de las vías de extracción y patios de acopio sobre el mapa base del aprovechamiento, ya sea en forma manual o mediante el módulo PATHWAY de IDRISI (Obando 1997).

Por lo general, en FUNDECOR el trazado de las vías de transporte menor (VTM)¹ se hace a mano, procurando que los caminos tengan la menor longitud posible y que atraviesen las concentraciones de árboles por cortar, y evitando en lo posible las áreas con mayor riesgo de daños ecológicos. El resultado de la planificación de la red vial ha sido positivo, sobre todo en reducción de daños a la vegetación remanente, al suelo y a los cursos de agua. Sin embargo, no siempre resulta en una red vial que optimice el rendimiento del aprovechamiento.

El estudio de tiempos durante una de las operaciones supervisadas por FUNDECOR indicó que el rendimiento era afectado por la pendiente de las VTM y por el uso del cable en la extracción de los fustes (Obando 1997). Si se reducen estas dos variables, se reduce también el tiempo de extracción y, por ende, los costos de la operación. La distancia de arrastre y la dirección de caída de los árboles en relación con las VTM afectaron en menor grado el rendimiento. El trazado a mano difícilmente puede incluir todos estos aspectos.

Dado que las operaciones de arrastre y extracción son las que consumen la mayor parte del tiempo productivo durante el aprovechamiento selectivo, se pensó en buscar un diseño automatizado de la red de VTM que fuera capaz de considerar los aspectos mencionados para perfeccionar su diseño. Se escogió el operador de distancia PATHWAY de IDRISI para Windows 2000, capaz de hacer la selección automatizada de una ruta cuyo costo total de desplazamiento fuera el mínimo posible. El costo se determina por unidad de mapeo (pixel); en este caso, un punto en el mapa que representa una superficie de 5x5 m. PATHWAY suma los costos de todos los pixeles para cada línea capaz de conectar el árbol que se va a aprovechar con las VTM más cercana y escoge la línea con menor costo. La clave para una aplicación exitosa del operador PATHWAY radica en asignar los costos a cada pixel tomando en cuenta los aspectos que afectan más el rendimiento de las operaciones.

En un estudio de caso, Obando (1997) estableció que la raíz cuadrada del tiempo consumido durante el viaje cargado del tractor se relaciona inversamente con la distancia de arrastre en metros y el porcentaje de la pendiente sin signo de las VTM. El costo de uso del tractor lo determina sobre todo el tiempo, pues salarios, combustibles y depreciación se calculan por hora de operación.

¹ Las VTM son aquellas por donde se transita con tractores. En la mayoría de las operaciones de FUNDECOR, las vías por donde andan camiones (Vías de Transporte Mayor) se ubican fuera del bosque o siguen caminos o trochas viejas.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Las ecuaciones utilizadas para estimar el coeficiente de fricción y el valor de cada pixel en el mapa base de aprovechamiento utilizado por PATHWAY para recomendar la vía de transporte menor son las siguientes:

$$1) \frac{1}{\sqrt{T}} = 0,9776125 - 1,51796 * 10^{-3} D - 5,319808$$

$$1) \frac{1}{\sqrt{T}} = 0,9776125 - 1,51796 * 10^{-3} * D - 5,319808 * P$$

$$2) TE = 7,519324 + 0,6916713 * LE - 4,801097 * 10^{-2} * AC$$

$$3) CF = \frac{1}{\frac{(0,9776125 - 0,0075898 - 5,3219808 * Pp)^2}{1,06}}$$

donde:

T = tiempo consumido durante el viaje cargado (en minutos)

D = distancia de arrastre en m

P = porcentaje de pendiente sin signo de las VTM (promedio de pixeles)

TE = tiempo consumido durante la extracción en minutos

LE = longitud de la línea de extracción en m

AC = ángulo de caída del árbol cortado en grados

CF = coeficiente de fricción

Pp = porcentaje de pendiente sin signo en pixel evaluado

Las dos primeras ecuaciones relacionan el tiempo de las operaciones de arrastre y extracción con las variables que más afectan. La tercera calcula el coeficiente de fricción en relación con el tiempo que necesita un tractor agrícola para arrastrar una troza sobre una distancia de 5 m, si no hay pendiente.

Obando (1997) supuso que el tractor utilizado no resultó afectado por la dirección de la pendiente. Por lo tanto, el caso más favorable para una distancia base de 5 m (largo de un pixel) es cuando no hay pendiente ($P = 0$). Con $D = 5$ m y $P = 0$, el tiempo base por pixel se estimó en 1,06 minutos. Esta información permitió expresar el valor de cada pixel en relación con el tiempo base, utilizando la ecuación 3. Esta ecuación no se aplicó en zonas que ya hubieran sido definidas como áreas de protección hídrica o por pendiente. También se excluyeron las áreas con pendientes superiores al 18%, porque la experiencia con el tractor agrícola indica que no es aconsejable usarlo en vías con esa pendiente. A los pixeles excluidos se les asignó artificialmente un valor equivalente a 5000 veces el valor base, para evitar que las VTM pasaran por ellos. El resultado fue el diseño de una red vial que minimiza daños y costos de acuerdo con los datos del levantamiento topográfico. Como este levantamiento puede tener problemas de exactitud (ver sección anterior), siempre se debe revisar el diseño en el campo junto con los responsables de las operaciones. En la práctica siempre hay que hacer ajustes, ya sea por errores en las mediciones topográficas o por la presencia de obstáculos imprevistos, como árboles grandes caídos.



En la Fig. 4.R.1 se muestra el resultado de la aplicación del trazado automatizado en un área de 15 ha. Se aprecian dos trazados: la red propuesta por PATHWAY y la realizada finalmente en el bosque. Aunque en algunos casos la diferencia puede ser considerable, la evaluación de este área y de un área aledaña -donde el trazado inicial se hizo manualmente- indicó que, con el trazado hecho con base en la propuesta de PATHWAY se logró reducir la distancia de extracción con cable. Si bien no se logró reducir la longitud de VTM, sí se mejoró la calidad de las mismas, lo que resultó en una mayor productividad del arrastre después de la aplicación de PATHWAY y, por ende, una reducción en los costos por metro cúbico aprovechado.

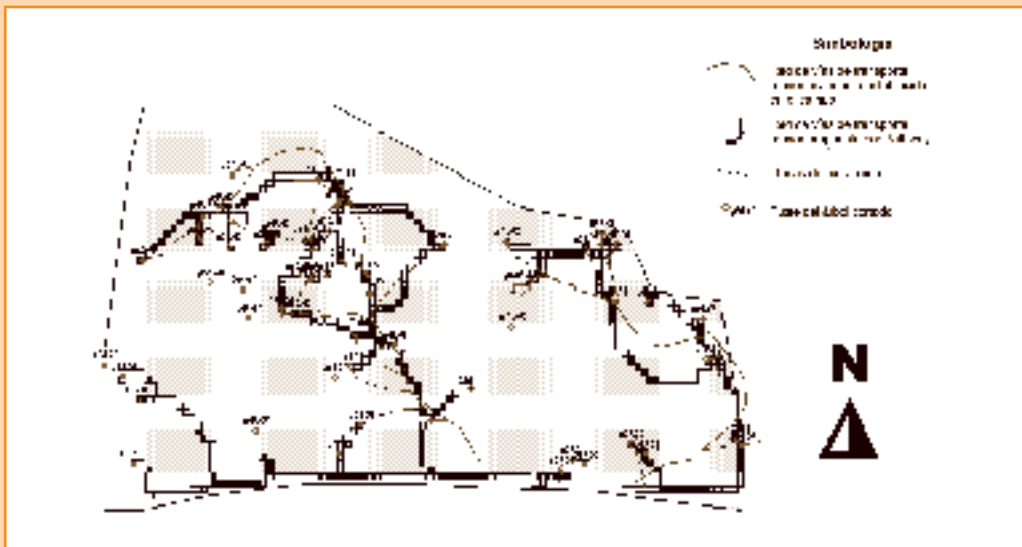


Figura 4.R.1 Red de vías de transporte menor establecidas en el campo durante el aprovechamiento a partir de la propuesta de diseño construida con el operador PATHWAY de IDRISI para Windows 2.0®

Fuente: Obando y Louman 2001

En esta sección hemos:

- Destacado la importancia de una buena planificación de la red vial.
- Señalado los principales aspectos de la planificación de caminos primarios, caminos secundarios y vías de arrastre.
- Presentado un ejemplo del uso de herramientas electrónicas en la planificación del manejo y el aprovechamiento.



4.5 Construcción de caminos

Sin duda, la construcción de los caminos forestales es la actividad que demanda la mayor inversión debido principalmente al alto costo que significan los movimientos de tierra y transporte de materiales. Como ya se dijo, el costo de construcción es determinado por la topografía y clase de terreno y las especificaciones técnicas del camino deseado. Este último rubro, a su vez, se relaciona con el volumen de madera que se va a transportar por el camino. Para un pequeño volumen de madera, las exigencias no son iguales que si se tiene un tráfico muy intenso por lo que se requiere un camino en óptimas condiciones que permita una mayor velocidad de circulación.

Para tener una idea de los costos de construcción de caminos primarios y vías o pistas de arrastre, Venegas y Louman (2001) realizaron una comparación con base en cuatro informes técnicos. Dado que los caminos fueron construidos en años diferentes y existen variaciones en cuanto al valor real en dólares, los autores actualizaron los datos al año 2000 con base en la inflación de los EEUU. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.2. Los rangos de costos para la construcción de caminos forestales primarios fluctúan entre US\$15,61/m y US\$63,83/m, y para pistas de arrastre entre US\$0,68/m y US\$17,83/m. El rango es muy amplio, pero permite tener una idea de la magnitud de la inversión.

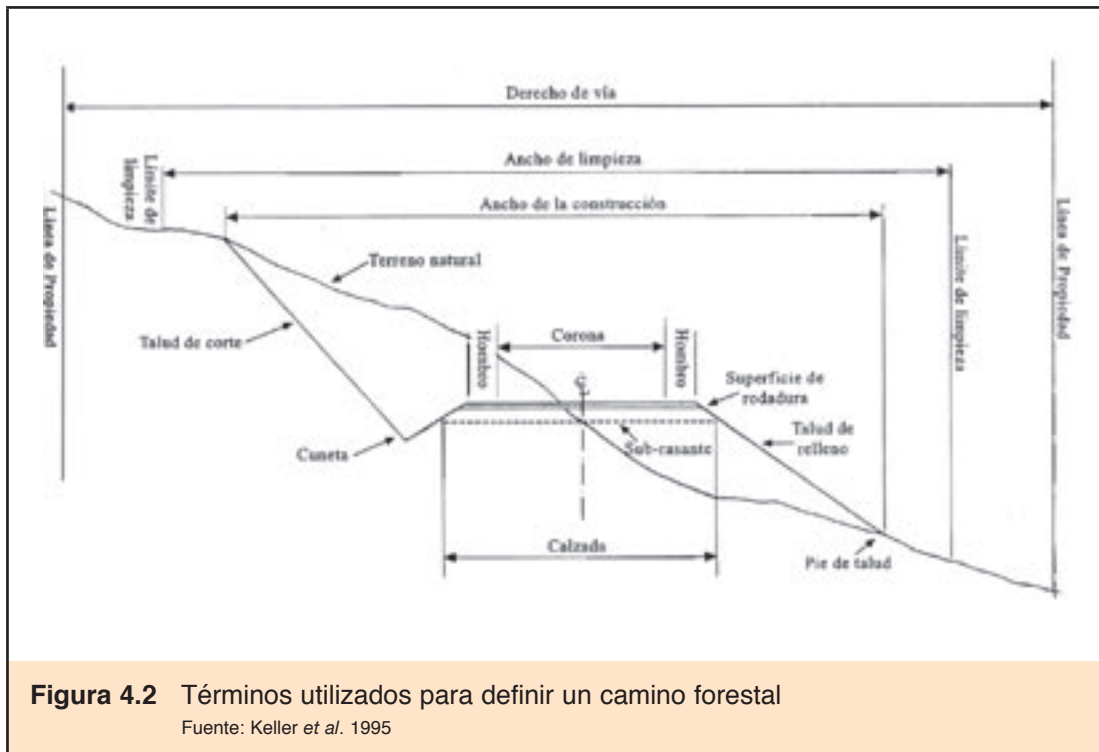
Cuadro 4.2 Comparación de costos de construcción de caminos principales y pistas de transporte				
Tipo de infraestructura	Costo (US\$/m)			
	Villa Mills	FAO	Sedlak	Heinrich
Camino forestal principal	37,65	15,61 - 42,30	33,7 - 50,58	38,3 - 63,83
Pistas de arrastre	0,68	1,31 - 4,72	1,04 - 2,34	7,59 - 17,83

Fuente: Venegas y Louman (2001)

De acuerdo con su cobertura, los caminos forestales se pueden clasificar en dos tipos:

- **Caminos de fondo natural.** Son aquellos en los que la superficie de rodado es el mismo terreno sobre el cual se construyó el camino.
- **Caminos con cobertura de rodado.** Son aquellos que contienen materiales tales como ripio o grava para mejorar la sustentación y desgaste del camino.

Las etapas para la construcción de caminos forestales son básicamente: despeje de la vegetación, movimiento de tierra, construcción de obras de drenaje, distribución de la carpeta de rodado y compactación (Fig. 4.2). A continuación se analizarán los aspectos más relevantes de cada una de estas etapas.



4.5.1 Despeje de la vegetación

Antes de eliminar la vegetación, se debe demarcar el trazado del camino en el bosque y estaquillar tanto el centro (eje) como el ancho, según lo previsto en el diseño. Para demarcar el ancho del camino hay que considerar un ancho adicional para los hombros o bermas y para las cunetas; además, debe dejarse un espacio extra en ambos lados para permitir la aireación y acción del sol sobre el camino para facilitar su secado (ancho de limpieza o derecho de vía) (Fig. 4.2).

En sitios con alta precipitación y terrenos mal drenados se debe despejar un ancho de limpieza lo bastante grande como para asegurar que el camino seque rápidamente después de las lluvias. Este ancho de limpieza puede llegar a medir hasta 50 m en condiciones adversas. Muchas veces, bajo estas condiciones se toma la decisión equivocada de dejar un ancho de limpieza muy estrecho sin tener en cuenta la necesidad de secado que necesita el camino. Esto obliga, a la larga, a la construcción de caminos paralelos para cruzar los malos pasos que se forman por la acumulación de agua en las huellas, lo que provoca mayor daño al bosque residual y aumenta los costos.

En principio, el despeje de la vegetación se debe realizar con machete y motosierra y se complementa con tractor de orugas o “bulldozer”. El tumbar árboles directamente con el tractor de orugas facilita el destronque; es decir, la extracción de tocones y raíces que es necesario eliminar porque al descomponerse forman hundimientos en la superficie de rodadura. Independientemente de la forma en que se tumben los árboles, el tractor de orugas deberá eliminar toda la capa superficial de materia orgánica del suelo para mejorar su sustentación y remover los tocones de los árboles talados previamente.

Para garantizar la durabilidad del camino es necesario eliminar toda la vegetación y materia orgánica en la senda marcada.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Para despejar árboles enteros con el tractor de orugas se debe levantar la pala al máximo posible para tener un mejor efecto de palanca, y empujar suavemente evitando los contactos violentos que pudieran quebrar el fuste y hacer que el árbol cayera en el tractor. Si no se logra derribar el árbol de esta forma se recomienda excavar una zanja con la pala del tractor en el sentido opuesto a la dirección de caída y dos zanjas laterales de unos 60 cm para cortar al máximo las raíces. Para aumentar el efecto de palanca se recomienda hacer una rampa en el sentido opuesto a la dirección de caída. Es necesario tener el cuidado de retroceder inmediatamente cuando el árbol empiece a caer porque las raíces pudieran dañar la parte inferior del tractor. Es importante considerar que el derribo de árboles enteros puede ocasionar daños importantes al bosque remanente.

La extracción de tocones se puede hacer con el cable del 'winche' amarrado al extremo del tractor; es conveniente dejar tocones altos para aumentar el efecto de palanca. En terrenos planos se puede tener avances diarios de 700 metros o más de despeje de la vegetación con un tractor D5 o D6, dependiendo de la frondosidad del bosque.

4.5.2 Movimiento de tierra

En condiciones de drenaje deficiente y alta precipitación, la excavadora hidráulica es esencial en la construcción de caminos forestales.

El movimiento de tierra tiene por objeto preparar el lecho del camino mediante **cortes** y **rellenos** (Fig. 4.3) para tener una base de ancho y pendiente adecuadas, según los estándares deseados. Además, considera el perfil transversal del camino que tiene por objeto formar un bombeo y el peralte o inclinación en las curvas.

El movimiento de tierra se hace con tractor de orugas, colocando la pala en un ángulo adecuado para facilitar el trabajo. Además del tractor de orugas es conveniente emplear una excavadora hidráulica, la cual tiene varias características muy apropiadas para la construcción de caminos, especialmente para zonas de mal drenaje y elevado régimen de lluvias. Una excavadora hidráulica puede levantar un terraplén desde el camino, con lo que las áreas vecinas y el camino mismo se dañan poco ya que la maquinaria no se mueve de un lado a otro de forma continua. También puede tomar con facilidad rocas y tocones y depositarlos en puntos donde sea necesario hacer un relleno; hacer zanjas para las alcantarillas y levantar y colocar en su sitio las piezas mismas de la alcantarilla. Estas cualidades le permiten apoyar la construcción de puentes.

Corte. En terreno plano esta operación no constituye ningún problema, simplemente se trata de desplazar hacia los lados la capa vegetal o capas blandas superficiales. En sitios con pendientes, siempre que sea posible, hay que comenzar a trabajar de la parte más alta y avanzar por la gradiente a fin de aumentar el rendimiento. Si el terreno es ondulado es conveniente cortar a través de las lomas y depositar en la parte más baja para suavizar el futuro camino. Si el corte se hace en suelo adecuado para la cubierta del camino, no hay que perder este material ladera abajo sino considerar la posibilidad de usarlo como relleno (Fig. 4.3a).

Cuando se hacen cortes sobre las laderas puede ser conveniente peraltar el camino (Fig. 4.4). Las curvas deben tener un peralte mayor, entre 3 y 8 %, con el objeto de mantener una pequeña inclinación de los vehículos hacia la ladera o cerro. Esto es de vital importancia cuando los caminos son de fondo natural arcilloso, muy resbaloso cuando está mojado y que podría producir deslizamientos hacia el borde y volcamiento de los vehículos.

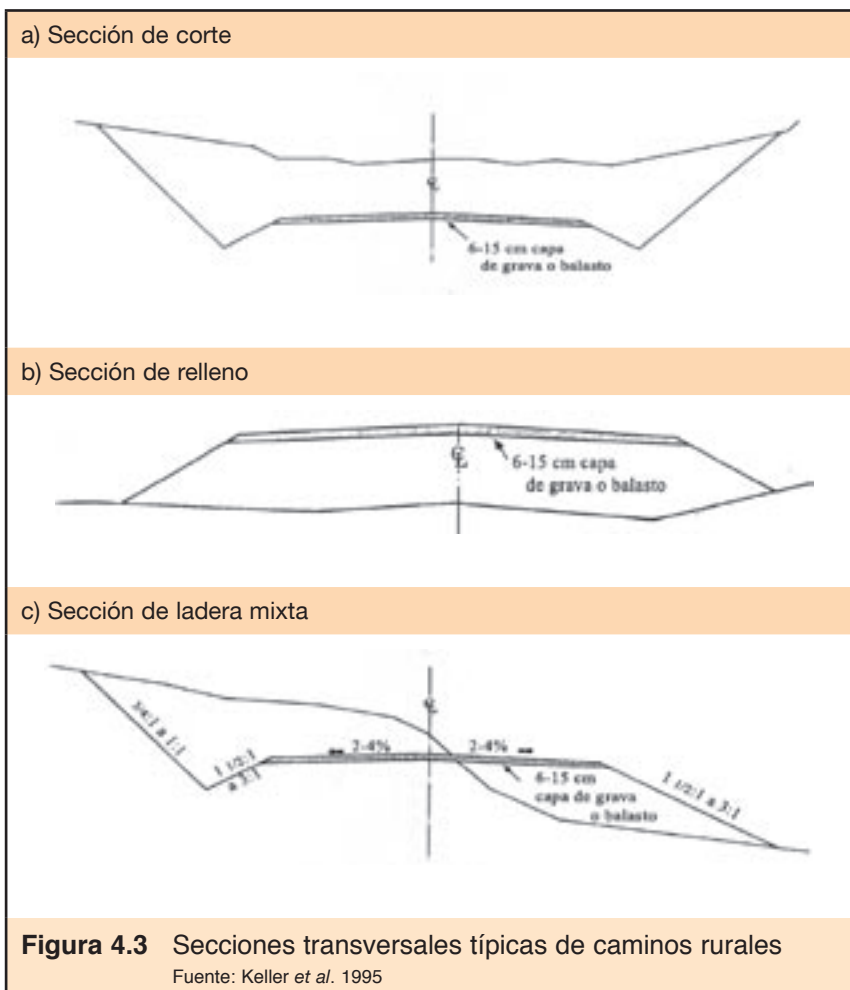


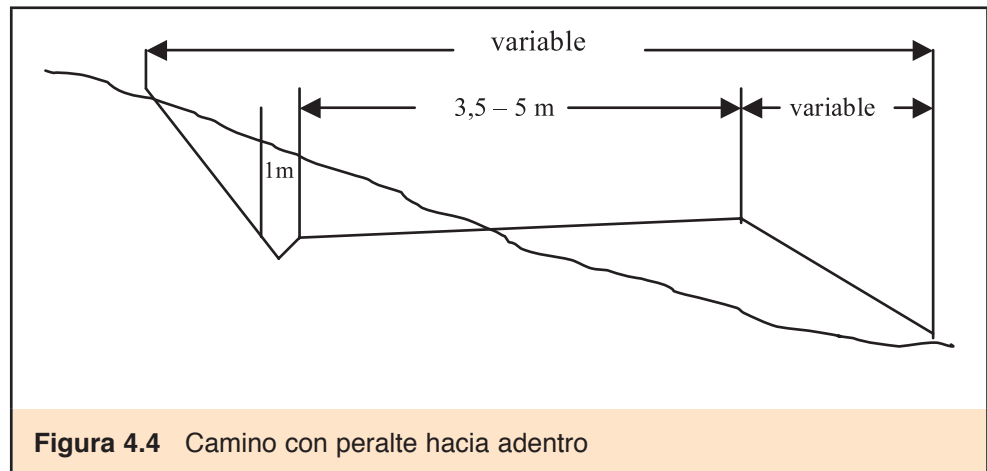
Relleno. También se le conoce como terraplén. Es necesario hacer un terraplén cuando el nivel del camino tiene que ser levantado para asegurar un buen drenaje, para mejorar la pendiente o para pasar el camino sobre una quebrada rellenando con tierra por encima de la alcantarilla (Fig. 4.3.b).

El terraplén se forma con capas sucesivas bien compactadas para evitar al máximo las contracciones o expansiones posteriores. El mismo trabajo del tractor de orugas contribuye a la compactación de cada capa, pero es recomendable pasar un rodillo tipo pata de cabro (compactadora) para aumentar la compactación. Se recomienda dejar asentar el terraplén antes de distribuir la carpeta de rodado.

Si el camino no lleva carpeta de rodado, está listo para el tráfico al finalizar la etapa anterior; es decir, cuando se completen los cortes, rellenos y compactación. La última fase sería la excavación de las cunetas, que también es anterior a la distribución de la carpeta de rodado.

Debido los altos costos del lastreado, muchos de los caminos forestales no cuentan con cobertura de rodado balastada. En estos casos es muy importante que el bombeado sea adecuado y mantener como norma la no circulación de vehículos mientras el terreno esté húmedo durante la época de lluvias o después de lluvias ocasionales. El bombeo -o pendiente transversal que se le da al camino desde su lomo y hacia ambos lados- tiene como función evacuar el agua hacia el costado del camino para evitar que se empantane.





4.5.3 Obras de drenaje

Además de los puentes, las obras de drenaje más importantes de los caminos forestales son las **cunetas**, **alcantarillas** y **desagües transversales superficiales**.

Cunetas. Las cunetas se utilizan para evacuar el agua de la vía. El caudal máximo estimado de agua y las características del suelo determinan las dimensiones de las cunetas. En caminos principales con buenas condiciones de drenaje es suficiente con una cuneta de 30 a 40 cm de profundidad. Las cunetas deben tener una pendiente mínima de 1% para que el agua corra bien. Cuando la pendiente del perfil excede del 5%, la erosión puede ser un problema (FAO 1978).

Las obras de drenaje son imprescindibles para el mantenimiento y durabilidad de los caminos forestales.

Es necesario mantener las cunetas limpias y protegidas de la erosión, pues si el agua permanece en las cunetas puede infiltrarse hacia la base del camino. El agua recogida y transportada debe evacuarse a intervalos frecuentes, si fuera necesario, mediante tubería de alcantarilla.

Alcantarillas. Las alcantarillas normalmente canalizan subterráneamente el agua de un lado de la vía hacia el otro, ayudando a controlar el flujo de agua y quitándole velocidad para reducir la erosión. Las alcantarillas se deben instalar en aquellos puntos donde las corrientes de agua interceptan el camino, o donde el nivel del agua pudiera rebalsar y causar erosión.

Cuando las alcantarillas sirven para vaciar las cunetas se instalan a intervalos de distancia variable; más cortos en los tramos con mayor pendiente cuando las zonas aledañas al camino reciben grandes cantidades de agua que escurre hacia el camino. Mientras más permanente sea el camino, o mayor sea la profundidad a la cual debe ser instalada, mejor debe ser la calidad de la alcantarilla.

La alcantarilla más simple es un tronco hueco, de los que se encuentran en el bosque con relativa facilidad. Otros tipos de alcantarillas son de cemento o acero corrugado, las cuales son de carácter permanente y más caras.



Desagües transversales superficiales. Normalmente canalizan el agua con un canal superficial dispuesto en forma transversal en la superficie de una carretera o vía de arrastre (Dykstra y Heinrich, 1996). Su construcción puede ser sencilla con un simple zanja o más sofisticada mediante el uso de trozas u otro material. Se hace cuando la corriente de agua que intercepta el camino es fuerte, pero no justifica un puente o alcantarilla.

4.5.4 Distribución de la carpeta de rodado

La base o carpeta de rodado puede ser el mismo suelo que se encuentra en el lugar de construcción después de eliminar la vegetación y la capa orgánica, o puede ser una carpeta mejorada de grava o ripio. Si no se dispone de estos materiales, se puede usar una mezcla de arcilla y arena para formar la base; en este caso se necesita un mantenimiento permanente y la interrupción del tránsito durante las lluvias.

El uso permanente de un camino forestal depende fundamentalmente de la carpeta de rodado, especialmente en zonas de alta precipitación. El material empleado puede ser de ripio natural anguloso, redondo o material triturado. El ripio anguloso o triturado de seis centímetros o menos es el mejor material porque permite una buena traba. El ripio redondo superficial siempre está suelto y se desplaza hacia los lados del camino con el paso de vehículos. Si el lecho es muy blando y el ripio penetra en el suelo, se puede distribuir primero una capa de piedra de mayor dimensión y luego completar con ripio más fino. En general, una capa compactada de 20 centímetros es suficiente.

Para calcular el volumen de material necesario para completar la carpeta se multiplica el espesor de la carpeta sin compactar por el ancho y la longitud del camino, expresando el resultado en metros cúbicos. El material se descarga en montones a lo largo del camino, con una separación que permita obtener el espesor adecuado. Esta separación se determina conociendo el volumen de cada montón o capacidad de carga del camión.

La distribución de la carpeta se hace en forma manual, o con ocho a doce pasadas con la motoniveladora, empezando por el borde exterior de los montones; la limpieza de las cunetas se hace en la penúltima pasada. Aún cuando el perfilado se pueda hacer sin precisión con el tractor de orugas, la mejor máquina para este trabajo es la motoniveladora que puede además preparar las cunetas, emparejar el talud, distribuir la carpeta de rodado y dar mantenimiento a los caminos.

4.5.5 Compactación

Para obtener un camino bien consolidado después de la distribución de la carpeta es necesario compactarlo debido a que el material suelto no permite alcanzar velocidades adecuadas y tiende a desplazarse hacia el borde del camino. El mejor equipo para la compactación de la carpeta es la aplanadora o bien un rodillo liso vibrador arrastrado por un tractor. La compactación es más efectiva después de una lluvia pero sin exceso de agua para evitar la formación de barro. El número de pasadas hasta obtener la densidad máxima puede ser de seis a ocho.



En esta sección hemos:

- Visto que la construcción de caminos forestales es la actividad de mayor inversión en el aprovechamiento forestal.
- Descritas las etapas para la construcción de caminos forestales:
 - Despeje de la vegetación
 - Movimiento de tierra
 - Obras de drenaje
 - Distribución de la carpeta de rodado
 - Compactación

4.6 Mantenimiento

El mantenimiento de la red de caminos es tan importante como su construcción. De nada sirve hacer un camino con un buen nivel de construcción si no se le cuida. Mediante el mantenimiento se pretende conservar el camino en buen estado para favorecer la regularidad y velocidad del tránsito.

El mantenimiento básicamente debe contemplar:

Reposición de lastre dispersado. Por efectos del tránsito de vehículos o escurrimiento del agua, el material puede desplazarse hacia los lados. Con el mantenimiento se procura devolver los materiales a su sitio y compactarlos.

Perfilado del camino. Consiste en mantener un bombeado adecuado que permita evacuar el exceso de agua de la superficie del camino y eliminar las ondulaciones, surcos y huellas. Muchas veces se producen ondulaciones sucesivas perpendiculares al eje en la superficie de los caminos, como en forma de cartón corrugado. Este defecto, así como la formación de surcos y huellas, puede eliminarse con la motoniveladora.

Eliminación de hoyos. Los hoyos se producen principalmente por mal drenaje. Es necesario rellenarlos en cuanto aparezcan para evitar que aumenten de tamaño a causa del tráfico. La primera operación consiste en drenar los hoyos hacia las cunetas; si se rellenan sin antes drenarlos el trabajo será infructuoso pues el agua satura el material de relleno y no tendrá ninguna resistencia. Una vez que el hoyo esté seco, hay que sacar el barro y emparejar las paredes, luego se rellena con el mismo material de la calzada y se compacta al máximo.

Limpieza de cunetas, alcantarillas y desagües transversales superficiales. Es común que estas estructuras se obstruyan con material que impide el libre paso del agua por lo que es necesario limpiarlas continuamente.

Despeje de árboles y arbustos a las orillas del camino. Esto tiene un doble propósito: mantener la distancia visual y permitir una mayor radiación solar para que disminuya el tiempo de secado después de la lluvia.

Cierre de caminos. Ocasionalmente un camino deja de ser necesario pues cumplió con el propósito para el que fue construido. Un aspecto clave para el cierre de un camino es determinar la posibilidad de que pueda ser reutilizado en el futuro.



En esta sección hemos:

- Destacado la importancia del mantenimiento de la red vial.
- Presentado las actividades para un buen mantenimiento de la red vial.

4.7 Efectos ambientales de la construcción de la red vial

Por más cuidado que se tenga al construir los caminos, no se puede evitar algunos efectos ambientales adversos. Obviamente, cualquier camino requiere la eliminación de la vegetación sobre su trazado. El impacto de los caminos sobre el sitio depende de muchos factores, tales como ubicación y diseño del camino, material usado, tipo de suelo, tiempo, estación o época de uso y equipo o máquinas que transitan, tipo de vegetación y clima.

La ubicación y el diseño de los caminos influyen directamente en el sistema de drenaje necesario para evitar un deterioro rápido del mismo y de su área de influencia. Por lo general, los caminos cambian el patrón natural de drenaje y causan una acumulación de agua al margen con pendiente positiva (arriba del camino). Además, los caminos exponen una mayor superficie del suelo a los elementos, tales como radiación solar, precipitación y viento, lo que acelera los procesos de erosión en la superficie. Una buena planificación de los caminos puede reducir los efectos de la construcción sobre la turbidez de las aguas causada por un proceso acelerado de erosión (Reinhart *et al.* 1963, citado por Stadtmüller 1994).

Los efectos ambientales pueden ser muy graves durante la estación lluviosa si se utilizan caminos construidos con materiales poco estables. En consecuencia, el camino puede ser fácil presa de la erosión, lo que da como resultado un incremento en la sedimentación en los cursos de agua cercanos. Muchas veces los usuarios de caminos degradados optan por hacer desvíos no planificados; se elimina, entonces, más vegetación y se expone más suelo a los elementos causantes de la erosión. El cierre de los caminos durante la estación de lluvias puede reducir el impacto sobre el ambiente.

La construcción de caminos también puede afectar a la fauna ya que significan obstáculos, a veces peligrosos, para el tránsito de animales grandes y destruyen los hábitats de algunos animales pequeños. Esto último es causado por la remoción de la vegetación y de la capa superior del suelo y por cambios en el microclima, lo cual se manifiesta por un marcado aumento de las temperaturas diurnas y una significativa

La construcción de caminos puede causar daños irreversibles al medio ambiente.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

reducción de la humedad del suelo (Schulz 1967). Además los caminos propician la llegada de cazadores que amenazan la permanencia de especies de fauna.

Para la construcción de caminos principales, los cuales podrían servir como caminos públicos después de su construcción, es importante hacer un estudio más profundo de los posibles impactos ambientales. En proyectos grandes se requiere una evaluación del impacto ambiental hecha por un equipo interdisciplinario y la participación de los diferentes grupos con intereses en el camino. Según Keller *et al.* (1995), tal evaluación debe incluir:

- **Identificación del proyecto.** En esta fase se buscan respuestas a las preguntas ¿Quién?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde? y ¿Por qué?.
- **Diagnóstico.** Se identifican las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del proyecto y se establecen las prioridades. Deben incluirse aspectos técnicos, ambientales, económicos, y sociales.
- **Recolección e interpretación de los datos.** Se analizan fuentes secundarias y estudios en el campo, tomando en cuenta la experiencia local con caminos, clima, vegetación y suelos.
- **Diseño de las alternativas.** Es muy importante identificar las alternativas de manera objetiva con base en un diagnóstico y análisis de la información recolectada.
- **Evaluación de los efectos de cada alternativa.**
- **Comparación de alternativas.** Se miden los efectos identificados en la fase anterior contra criterios de evaluación predeterminados.
- **Implementación y seguimiento.** Se incluye una evaluación dinámica de la implementación y uso del camino y mecanismos para ajustar el diseño del camino y sus atributos según las necesidades identificadas durante las evaluaciones.

En esta sección hemos:

- Establecido los impactos ambientales de la construcción de la red vial.
- Citado los aspectos de la evaluación del impacto ambiental de la construcción de la red vial.

4.8 Consecuencias de la falta de planificación de la red vial

Uno de los principales efectos de la falta de planificación de la red vial es la alta densidad de vías y brechas de arrastre; en consecuencia, los costos de construcción, mantenimiento y transporte son mayores y se causa más daño al bosque. También puede ocurrir que se construya una menor densidad de vías con el inconveniente de no acceder toda el área y consecuentemente dejar árboles talados en el sitio.

En situaciones donde el diseño de un camino no es apropiado para el sitio (por ejemplo, en pendientes o áreas mal drenadas), o para el tipo y la regularidad del transporte (por ejemplo, se usan furgones de hasta 20 toneladas en vías con curvas fuertes y/o pendientes cortas pero muy empinadas), la vida útil de los caminos se reduce y será necesario construir caminos nuevos para las cosechas futuras, con lo que se aumentan los costos de construcción y los daños provocados por la erosión del suelo y sedimentación en los ríos. Además, disminuye la vida útil de los camiones y se elevan los costos de mantenimiento y reparación.

Planificación y construcción de caminos forestales

La falta de drenaje adecuado de los caminos y áreas aledañas provoca inundaciones y pérdida de terrenos agrícolas en áreas planas, aceleración del proceso de erosión, derrumbes y aumento en la sedimentación de los cursos de agua en áreas con pendiente. Como consecuencia, los usos de la tierra, la disponibilidad de agua potable, para irrigación y para la generación de electricidad se ven afectados, además de la vida silvestre y acuática.

Cuando aumenta el área de bosque afectada por actividades humanas, también aumenta el efecto que la planificación de la red vial pueda tener sobre la presencia y los movimientos de especies de animales sensibles y/o migratorios. Así, en un bosque muy intervenido con pocas áreas donde los animales puedan esconderse, la creación de un corredor biológico es muy importante. Muchas veces, sin embargo, los caminos mal ubicados más bien limitan los movimientos y perjudican la presencia de la fauna en el área.



La mala (o ausencia de) planificación de la red vial causa grandes trastornos económicos y ecológicos.

En esta sección hemos:

- Citado las consecuencias de la falta de planificación de la red vial.

4.9. Bibliografía

- Anaya, H; Christiansen, P. 1986. Aprovechamiento forestal; análisis de apeo y transporte. San José, CR, IICA. 246 p.
- Carrera, F; Pinelo, G. 1995. Prácticas mejoradas para aprovechamientos forestales de bajo impacto. Turrialba, CR, CATIE/CONAP. 60 p. (Serie Oficial. Informe Técnico no. 262. Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya Petén, Guatemala no. 1).
- Dykstra, D; Heinrich, R. 1996. Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO. Roma, Italia. 85 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1978. Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento. Roma, Italia. 171 p. (Estudio FAO Montes no. 2.).
- Frisk, T. 1971. Manual de caminos forestales. Santiago, Chile, Instituto Forestal. 192 p. (Manual no. 8).
- _____. 1980. Planificación y construcción de caminos forestales. In Seminarios sobre Extracción Forestal. Lima, Perú. p. 68-75. (Documento de Trabajo No. 2. Proyecto PER/78/003. Mejoramiento de los sistemas de extracción y transformación forestal).
- Gullison, RE; Hardner, JJ. 1993. The effects of road design and harvest intensity on forest damage caused by selective logging: empirical results and a simulation model from the Bosque Chimanes, Bolivia. Forest Ecology and Management 59: 1-14.
- Henderson, J. 1990. Damage-controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname. Netherlands, Agricultural University Wageningen. 204 p.
- Keller, GPE; Bauerg, P; Aldana, M. 1995. Caminos rurales con impactos mínimos. Un manual de capacitación con énfasis sobre planificación ambiental, drenajes, estabilización de taludes y control de erosión. Ciudad de Guatemala, Guatemala, USAID/USDA/Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas de Guatemala.
- Obando, G. 1997. Evaluación del desempeño de un diseño de vías de transporte menor asistido por computadora para el aprovechamiento selectivo de Guácimo (*Goethalsia meiantha*) en un bosque húmedo tropical de tierras bajas ubicado en Sarapiquí, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 105 p.
- _____. 2001. El uso de computadoras, programas e instrumentos electrónicos en la planificación y seguimiento de planes de manejo del bosque húmedo tropical: Un caso en Costa Rica. FAO, Roma. 58 p. (Documento de Trabajo Estudio de caso de ordenamiento forestal. FORM/DT/01).
- _____; Louman, B. 2001. Uso de herramientas electrónicas en la planificación del manejo y el aprovechamiento. El plan operativo del aprovechamiento. Manejo Forestal Tropical no. 19. 8 p.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- Schulz, JP. 1967. La regeneración natural de la selva mesofítica tropical de Surinam después de su aprovechamiento. Mérida, Venezuela, IFLAIC. (Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación no. 23).
- Sessions, J; Heinrich, R. 1993a. Forest roads in the tropics. *In Tropical Forestry Handbook*. Pancell, L. ed.. Berlin, Germany, Paul Verlag. Vol. II. p. 1269-1324.
- _____. 1993b. Harvesting. *In Tropical Forestry Handbook*. Pancell, L. ed.. Berlin, Germany, Paul Verlag. Vol. II. p. 1325-1424.
- _____. 1993c. Chapter 21. Harvesting. *In Tropical Forestry Handbook*. Pancell, L. ed. Berlin, Germany, Paul Verlag. Vol. II. p. 1325-1424.
- Stadtmüller, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales y medidas para mitigarlo. Turrialba, CR, CATIE. 62 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 246. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 10).
- Venegas, G; Louman, B. 2001. Aprovechamiento con tratamiento silvicultural de impacto reducido en un bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 55 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 325. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 23).



Capítulo 5

Tala dirigida

- 5.1 Introducción
- 5.2 Reglas generales de la tala dirigida
 - 5.2.1 Evaluación del árbol a talar
 - 5.2.2 Determinación de la dirección de caída
 - 5.2.3 Definición del método de corte
- 5.3 Métodos de corte
 - 5.3.1 Método de corte normal
 - 5.3.2 Método de corte de punta
 - 5.3.3 Método de boca ancha
 - 5.3.4 Método de boca profunda
 - 5.3.5 Método para árboles podridos
 - 5.3.6 Método para árboles atascados
 - 5.3.7 Método para árboles con gambas
- 5.4 Preparación de productos
 - 5.4.1 Limpieza del fuste
 - 5.4.2 Desbote
 - 5.4.3 Evaluación
 - 5.4.4 Descope y desrame
 - 5.4.5 Troceo
- 5.5 Tipos de corte para el troceo
 - 5.5.1 Corte de troceo vertical simple
 - 5.5.2 Corte de troceo circular
 - 5.5.3 Corte de troceo de media luna
 - 5.5.4 Corte de troceo tipo prensa
 - 5.5.5 Troceo de fustes gruesos
- 5.6 Uso de cuñas
 - 5.6.1 Uso de cuñas en la tala
 - 5.6.2 Uso de cuñas en el troceo
 - 5.6.3 Diseño de cuñas
- 5.7 El tecle y los cables como herramientas para el aprovechamiento forestal
 - 5.7.1 Uso de tecle y cables durante la tala
 - 5.7.2 Uso de tecle y cables forestales en el manipuleo de trozas
- 5.8 Seguridad laboral y capacitación
 - 5.8.1 Medidas de precaución
 - 5.8.2 Necesidades de capacitación
 - 5.8.3 Contenido mínimo de una capacitación en tala dirigida
 - 5.8.4 Comentarios de personas que recibieron capacitación
- 5.9 Bibliografía

Geoffrey Venegas
Fernando Carrera

La tala dirigida es la técnica de apeo de árboles en la dirección deseada buscando reducir los daños en la vegetación remanente, maximizar la producción, facilitar las labores de arrastre y salvaguardar la seguridad del personal.

5.1 Introducción

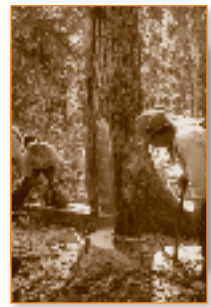
La corta de un árbol en un bosque natural tropical siempre debe justificarse mediante una actividad silvicultural, generalmente establecida en el Plan General de Manejo y los planes operativos. Así, un árbol es derribado en un bosque manejado por una de estas razones: 1) por la ejecución del aprovechamiento forestal de la masa madura, cuando se cortan árboles comerciales de grandes dimensiones que serán procesados en las industrias; 2) por tratamientos silviculturales con el fin de mejorar la estructura, composición y potencial productivo del bosque.

Lo **frágiles y milenarios** que pueden ser los ecosistemas que conforman los bosques naturales tropicales es la justificación permanente para planear con mucho cuidado cada acción de tala. En operaciones extractivas en los trópicos es común encontrar motosierristas que tienen más de una década cortando árboles, quienes han aprendido el oficio en la práctica. La mayoría de ellos no han tenido oportunidad de recibir ningún tipo de capacitación formal: aprendieron con la práctica, empezando como ayudantes y pasando a motosierristas cuando habían adquirido algunas destrezas; su trabajo es totalmente empírico y perpetúa formas erróneas de hacer las cosas, que ponen en peligro su seguridad personal y la de sus compañeros. La tala de árboles es considerada la actividad más peligrosa en el ámbito forestal y una de las que más accidentes fatales o incapacidades permanentes causan a los trabajadores. A esto hay que sumarle la pérdida económica por la madera desperdiciada por una mala tala, que puede ser hasta de cientos de miles de dólares, además de los daños al bosque remanente que muchas veces imposibilitan el buen manejo.

Podría decirse que la **tala dirigida** es la técnica de apeo de árboles en la dirección deseada. Esta técnica ha sido probada, mejorada y adaptada a diferentes situaciones y condiciones, tanto del árbol como del terreno. Desde el punto de vista técnico, las operaciones de tala dirigida buscan mejorar el trabajo en el bosque cuidando aspectos claves como evitar la incidencia de accidentes, aumentar la seguridad del motosierrista y de todo el personal presente en el área de trabajo, aumentar el rendimiento de volumen comercial aprovechable y facilitar la operación posterior de arrastre.

Aplicar la tala dirigida significa que el obrero forestal ha sido capacitado para **usar su cerebro en el trabajo**; así, podrá evaluar la razón por la cual se decidió extraer un determinado árbol y podrá definir la dirección óptima de caída y luego talar el árbol en esa dirección. Para poder cumplir con lo anterior se debe tener un buen conocimiento teórico y práctico de los métodos de tala más empleados en los bosques tropicales. Ese es el objetivo del presente capítulo.

Hay varios manuales especializados en la técnica de tala dirigida de árboles. Los interesados en profundizar más en la temática pueden consultar el libro “*Tala dirigida con motosierra en bosques tropicales*” (Tanner 1996) el cual ha servido como base para la elaboración del presente capítulo.



Un obrero bien capacitado debe saber por qué hay que extraer un árbol determinado, dónde debe caer y hacerlo caer allí.



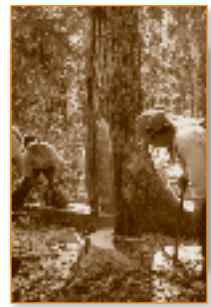
5.2 Reglas generales de la tala dirigida

Tanner (1996) recomienda que, antes de hacer ningún corte, se evalúen uno a uno los árboles que se va a derribar, se defina la dirección de caída y se limpie el pie del árbol. Luego, se procede a cortar usando la técnica que más convenga, ya sea el método de tala normal o un método especial de tala, si se dan condiciones particulares. A continuación analizaremos cada etapa en detalle.

5.2.1 Evaluación del árbol a talar

Antes de empezar a cortar el árbol, debemos analizar varios aspectos importantes:

- **Diámetro del árbol y especie.** El diámetro y la especie nos hablan sobre la susceptibilidad del árbol a las rajaduras. Así, por ejemplo, almendro (*Dipterix panamensis*), tamarindo o comenegro (*Dialium guianensis*) y cortés (*Tabebuia guayacan*) son especies que se rajan con facilidad en sentido longitudinal, pues son árboles poco flexibles debido a la dureza de la madera. En cambio, aceituno (*Simarouba amara*), cedro real (*Cedrela odorata*) y ceibo (*Ceiba pentandra*) son muy flexibles y resistentes a las rajaduras pues la madera es suave. Además, mientras mayor sea el tamaño del árbol, más propenso es a rajarse durante la tala. También nos indica cuál debe ser la proporción de los elementos básicos (boca, bisagra y corte de caída).
- **Pie del árbol.** Aquí debemos examinar tres aspectos básicos:
 - Presencia de gambas. Si hay gambas, tenemos que decidir si se cortan antes o después de derribar el árbol. Ceibo, gavilán (*Pentaclethra macroloba*), cedro macho (*Carapa guianensis*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) son especies que por lo general tienen gambas, mientras que es poco frecuente encontrarlas en cedro maría (*Calophyllum brasiliense*), manchiche (*Lonchocarpus castilloi*) y guapinol (*Hymenaea courbaril*).
 - Presencia de raíces superficiales. Los árboles con raíces superficiales son más propensos a causar accidentes debido a que estas tienden a levantarse cuando se realiza un corte inadecuado, sobre todo si el árbol está inclinado. También puede suceder que el árbol caiga al iniciarse la eliminación de gambas que dificultan la tala, sobre todo si la tala se realiza en la época lluviosa cuando los suelos tienen una baja capacidad de sustentación, lo cual pone en serio riesgo la integridad de los operarios.
 - Presencia de pudriciones. Algunos árboles sobremaduros tienen la base hueca o podrida. Esto es común en algunos almendros y en cedro maría, en los que a menudo hay hongos o comején de tierra a todo lo largo del daño. Los árboles con la base podrida son muy peligrosos, por lo que es necesario aplicar métodos de corta especiales (ver acápite 5.3.5). Si hay dudas de que la base esté hueca o podrida, se recomienda dar unos golpes con el mazo y escuchar si suena hueco. Otro método recomendado es hacer un corte con la punta de la espada de la motosierra en forma vertical por el lado de la boca.



- **Excentricidad y tamaño de la copa.** Se debe examinar cuidadosamente el lado donde está el mayor peso de la copa, pues esto incide en la dirección de caída natural. También es importante darse cuenta de si hay una horqueta que pueda desequilibrar el árbol durante su caída o rajar el fuste en forma longitudinal si, al impactar el suelo, la horqueta se cierra en forma de tijera. Por lo general, los árboles que crecen en pendientes tienen una recarga de la copa a favor de la pendiente. El tamaño de la copa incide directamente en el área dañada y el daño a otros árboles, sobre todo si el árbol talado es de una especie de madera dura como almendro, comenegro o tuburus (*Balizia elegans*). Estas especies pueden ocasionar mucho daño pues tienen copas frondosas y amplias, con ramas gruesas que no se quiebran, sino que arrastran y aplastan toda la vegetación a su paso hasta el suelo.
- **Inclinación y estado del fuste.** La inclinación del fuste, la recarga de la copa y la existencia de pudrición son los factores que más afectan la dirección de caída natural de los árboles. Debido al peso del fuste con respecto a la copa y/o ramas bajas, hay que observarlo desde puntos diferentes de la base del árbol, para decidir hacia donde está la mayor recarga. Es importante fijarse bien si el árbol tiene pudriciones en la parte media o alta del fuste. La presencia de hongos, comején de tierra o aéreo, polillas, colmenas, ramas quebradas o abultamientos ayuda a determinar si hay pudrición. La valoración de los tres aspectos mencionados ayudan a decidir, de acuerdo con la experiencia del motosierrista, si vale la pena invertir tiempo en la tala de un árbol que, al final, pudiera no tener suficiente madera comercial, resultar muy dañado o presentar peligro al derribarlo.
- **Altura del árbol.** La altura del árbol determina el área de peligro. Es necesario conocer la altura para realizar el ajuste de la boca en los árboles inclinados hacia un lado de la dirección de caída deseada. Se recomienda que durante la corta de árboles no se encuentren otras personas a una distancia menor de dos veces la altura debido a que un árbol puede ocasionar la caída de otros árboles y agrandar la distancia de impacto con los perjuicios ya conocidos.
- **Presencia de ramas secas y bejucos.** Por más pequeña que sea una rama, puede herir seriamente al motosierrista o a su ayudante debido a la velocidad que alcanza al caer desde la copa del árbol. Por eso, al planear la ruta de escape más idónea, es conveniente ubicar las ramas susceptibles de caer durante la tala y usar cascos que protejan la integridad física de los trabajadores. En el bosque tropical húmedo con frecuencia las copas de los árboles están unidas por bejucos. Esto es muy peligroso durante la tala, porque se puede desviar la dirección de caída o arrastrar árboles vecinos o las copas de estos. Si hubiera muchos bejucos entre los árboles, se recomienda cortarlos por lo menos seis meses antes del aprovechamiento para asegurarse de que estén debilitados cuando se practique la tala (Dykstra y Heinrich 1996); esto evita también la apertura de grandes claros, producto de la caída de árboles atados al árbol cosechado y el desperdicio de árboles de futura cosecha dañados durante el aprovechamiento (Quirós 2001).

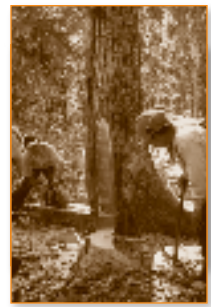
5.2.2 Determinación de la dirección de caída

La dirección de caída que se escoja depende de varios factores, tales como la seguridad del personal, la posición del fuste para facilitar la posterior labor de arrastre, la ubicación de fuentes de agua que no deben ser alteradas, la ubicación de otros árboles de futura cosecha o de interés ecológico, así como evitar daños por rajaduras y facilitar la elaboración de productos en el sitio, si fuera del caso. Veamos cada uno en detalle.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- **Seguridad del personal.** El criterio de seguridad del personal debe primar sobre todos los demás. Bajo ningún motivo se debe derribar un árbol o escoger una dirección de caída que ponga en riesgo la seguridad del personal.
- **Protección de la integridad del fuste a extraer.** Un alto porcentaje de los fustes talados de manera tradicional se rajan o se parten por una mala selección de la dirección de caída. Cuando un fuste cae sobre obstáculos como troncos o rocas es común que se raje, con lo que se pierde gran parte del valor del mismo; de hecho, la mayoría de las veces estos troncos son abandonados pues dejan de tener valor comercial. El incremento en la producción al elegir correctamente la dirección de caída y aplicar un método de tala adecuado compensa económicamente con creces la disminución en el número de árboles talados. Dicho en otras palabras, se talan menos árboles por día pero se aprovecha más volumen por árbol talado. Por otro lado, el costo de la tala dirigida es insignificante si se compara con el ingreso por la venta de la madera. Carrera (1993), Quirós y Gómez (1998) y Venegas y Louman (2001) encontraron que el costo de la tala representó un 2,2%, 3,7% y 3,1% del precio de venta de la madera en patio de montaña. Estos porcentajes se pueden reducir hasta en 40% si se comparan con el precio de la madera en el patio de aserrío (Rodas 2002, Carrera 1993).
- **Prevención de daños a otros árboles.** Es casi imposible talar un árbol en un bosque tropical húmedo sin que se dañen otros árboles vecinos. Lo importante es minimizar el impacto, especialmente en los árboles que queremos conservar, como los de futura cosecha o aquellos que por razones ecológicas o legales merecen una protección especial.
- **Caída del árbol en zonas de protección.** En la medida de lo posible, se debe evitar que el árbol caiga en zonas de protección, especialmente cursos de agua. Debemos cuidar que no se formen presas que impidan la libre circulación del agua.
- **Dirección del viento.** Hay que tener especial cuidado con la dirección y velocidad predominante del viento pues ambas pueden cambiar la dirección de caída del árbol y hacer que este ‘se siente’ sobre el corte de caída, especialmente si se trata de un árbol coposo. Si hubiera problemas con el viento, es preferible no iniciar o detener la corta del árbol hasta que el viento haya cesado.
- **Facilidad de arrastre.** Es muy importante que el árbol cortado quede en una dirección que facilite su posterior arrastre. La parte gruesa del fuste debe quedar en dirección a la vía de arrastre, preferiblemente formando un ángulo menor de 45° en relación con la ruta de arrastre. Si el árbol queda atravesado, la magnitud del daño durante el arrastre es mayor, especialmente si las trozas se arrastran desde las vías mediante cables (Henderson 1990, Dykstra y Heinrich 1996).
- **Facilidad para preparar productos.** Es conveniente dirigir la caída hacia lugares planos, donde se faciliten las labores de desrame, despunte y troceo. En lo posible, hay que evitar que el árbol caiga sobre zanjas o pendientes muy pronunciadas, sobre cursos de agua o que quede prensado en otros árboles. En estas circunstancias, el trabajo de preparación del árbol para el arrastre se dificulta por la falta de estabilidad para el motosierrista, peligro de resbalarse al ejecutar los cortes posteriores o de quedar aprisionado por la inestabilidad del árbol cortado.



- **Limpieza al pie del árbol y apertura de la ruta de escape.** La limpieza al pie del árbol se efectúa con el objetivo de facilitar el trabajo, aumentar el rendimiento y evitar accidentes. Se debe cortar toda la vegetación leñosa a ras del suelo por lo menos a un metro alrededor del fuste, así como despejar del pie del árbol las ramas, piedras y musgo que puedan estorbar u ocasionar accidentes al motosierrista durante la corta y/o daños a la motosierra. Se recomienda abrir dos carriles o rutas de escape a 135° y 225° de la dirección de caída escogida, por donde los operarios deberán salir cuando el árbol empieza a caer (Frisk y Campos 1979).

La base de los árboles maduros constituye el hábitat de muchos animales, algunos de los cuales pueden ser peligrosos. Hay que tener especial cuidado con la presencia de serpientes venenosas, como barba amarilla o terciopelo (*Bothrops asper*) y matabuey (*Lachesis muta*), que hacen sus nidos entre las gambas o descansan en las raíces de los árboles sobremaduros.

Además, es común encontrar nidos de hormigas de todo tipo, gusanos con vellos urticantes, garrapatas, alacranes, arañas, abejas y avispas, cuyas picaduras producen un intenso dolor, quemaduras, hinchazón y daños a la piel o en el miembro afectado por varios días. Muchos ayudantes de motosierristas acostumbran rociar un poco de gasolina para eliminar estos inconvenientes. Durante la limpieza, es necesario dejar a la vista los huecos en el suelo que podrían desequilibrar al motosierrista. Se han reportado accidentes cuando dos ayudantes realizan la limpieza de una misma base, especialmente cuando se trata de cortar bejucos u otra vegetación leñosa en árboles con gambas grandes que dificultan la visibilidad.

5.2.3 Definición del método de corte

Una vez que se ha evaluado el árbol, determinado la dirección de caída, limpiado la base y abierto la ruta de escape, se debe definir el método de corta a emplear. Tal decisión se toma con base en las características del árbol. Entre los principales métodos de corta están:

- Corte normal
- Corte de punta
- Boca ancha
- Boca profunda
- Árbol podrido
- Árbol atascado
- Corte con gambas

La elección del método de tala se debe basar en un análisis de la situación particular de cada árbol. Difícilmente se puede aplicar el mismo método a todos los árboles. Por ejemplo, en los bosques nubosos de altura en Villa Mills, Costa Rica, en un aprovechamiento con tala dirigida se cortó entre el 66 y 87% de los árboles con el método de apeo normal, entre 10 y 29% con el de corte de punta y entre 0,37 y 2,7% con otros métodos (Venegas y Louman 2001). En ensayos hechos en los bosques de Petén, Guatemala, dominados por caoba y cedro, el método de corte de punta se aplicó el 90% de las veces, en tanto que el apeo normal se usó en el 9% de los árboles talados. En otra experiencia en los bosques latifoliados húmedos tropicales de Río San Juan, Nicaragua, el método de corte de punta se usó en el 99% de los casos, y en el 100% de los casos en una segunda experiencia.

Hay un método de tala adecuado para cada árbol en particular. La selección del método de corta que conviene es básica para evitar pérdida de madera, daños al bosque y peligro a los operarios.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Es de primordial importancia seleccionar correctamente el método de tala adecuado para cada árbol en particular, de lo contrario podríamos incurrir en errores similares a los que se cometen en la tala tradicional con la consecuente pérdida de madera, daños al bosque y peligro a los operarios.

En esta sección hemos:

Analizado los pasos a seguir antes de proceder a cortar un árbol:

- Evaluación del árbol a talar
- Determinación de la dirección caída
- Limpieza del árbol y apertura de la ruta de escape
- Mencionado los métodos de corte

5.3 Métodos de corte

En esta sección describiremos la técnica para aplicar cada uno de los métodos mencionados. Para ello, es necesario conocer primero los tres elementos básicos que permiten definir y controlar la caída de un árbol. Ver ilustraciones en Fig. 5.1.

La boca, o entalladura de apeo, determina la dirección de caída del árbol. Este corte permite reducir la presión del fuste en esa zona, con lo que se logra que el árbol caiga sin que la bisagra se rompa antes de tiempo. La boca delimita y define la bisagra por el frente. La altura y la profundidad de la boca deben coincidir en un solo punto formando una línea, si el corte en un lado es más profundo que en el otro se estaría cortando o adelgazando la bisagra, lo cual genera problemas en árboles de grandes dimensiones, inclinados, o con cualquier tipo de árbol si hay vientos fuertes.

La bisagra dirige y controla el árbol durante la caída en la dirección que la boca marca. Es la sección de madera que nunca se corta, las fibras se revientan al ir cayendo el árbol, lo cual permite que este no se deslice hacia atrás. Esto hace que el fuste caiga lentamente lo cual da tiempo al motosierrista para retirarse por la ruta de escape. Hay que tener sumo cuidado con los árboles podridos o aquellos en los que la bisagra coincida con una parte de madera en mal estado, ya que la sección podría ceder, con lo cual el árbol podría moverse en otra dirección.

El corte de caída permite separar el fuste y el tocón. Con la ejecución del corte se delimita y determina propiamente la bisagra por el lado de atrás. Independientemente del método de tala usado, el corte debe ejecutarse en forma paralela al fuste y no en forma sesgada o inclinada; así se delimita la bisagra a la altura adecuada y permite usar cuñas, si fuera necesario.

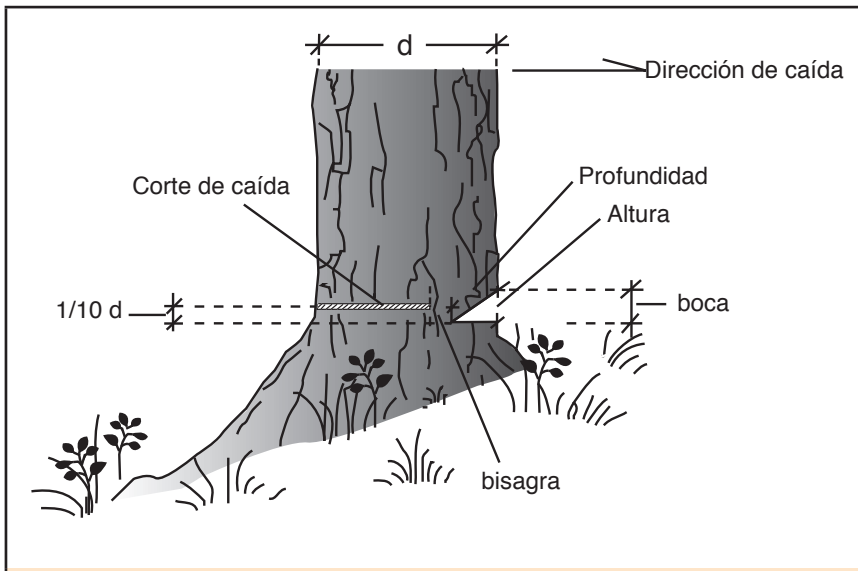


Figura 5.1 Elementos básicos de la tala de árboles

5.3.1 Método de corte normal

Este método se aplica para la tala de árboles cuyo peso se distribuye de manera **regular y simétrica**, tanto en el fuste como en la copa (Fig. 5.2). En este caso, la boca se abre a una profundidad y con altura de $\frac{1}{5}$ del diámetro del árbol; se mantiene una bisagra con un espesor mínimo de $\frac{1}{10}$ del diámetro del árbol y se aplica un corte de caída a una altura superior a la planta de la boca, equivalente a $\frac{1}{10}$ del diámetro del árbol o a la mitad de la altura de la boca. Cuando el corte de caída ya está suficientemente profundo, se pueden utilizar cuñas para sacar el árbol de su posición de equilibrio y hacerlo caer en la dirección elegida.

El método de tala normal es el más sencillo de aplicar en árboles pequeños o de grandes dimensiones, pero con una distribución uniforme del peso.

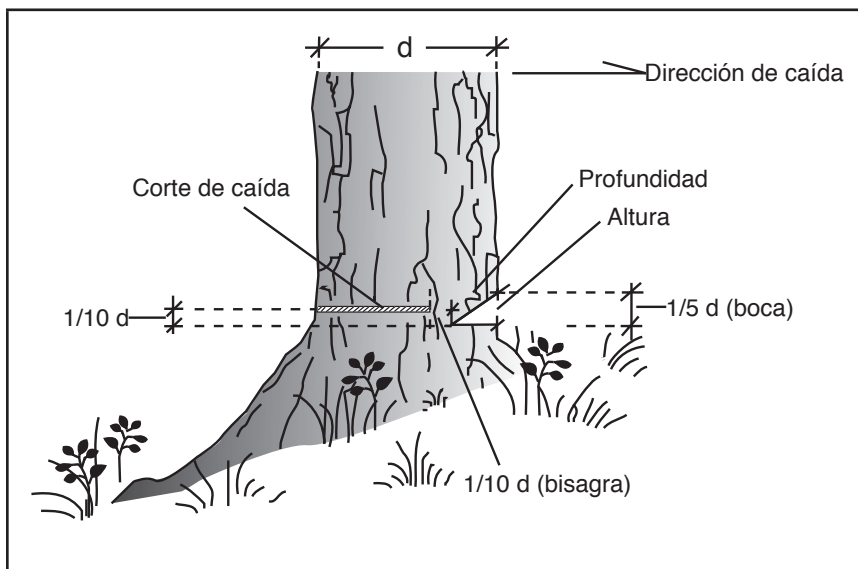


Figura 5.2 Método de corte normal



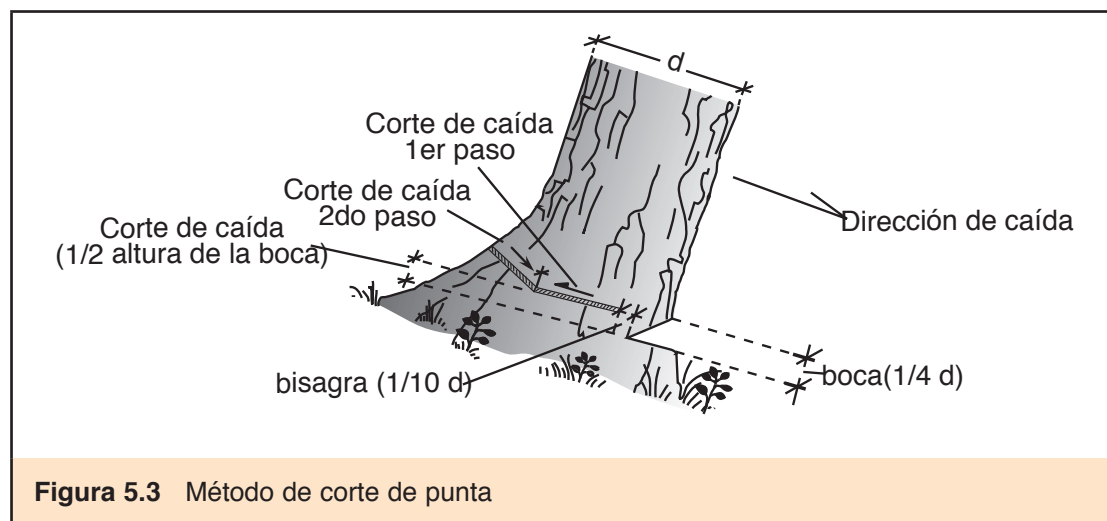
5.3.2 Método de corte de punta

Este método se utiliza cuando los árboles presentan una **fuerte inclinación** en la dirección de caída natural, razón por la cual, si no se realizan los cortes en la forma apropiada, el fuste tiende a rajarse (Fig. 5.3). Para usar este método, el fuste debe tener un diámetro apropiado que permita introducir la espada de la motosierra en diferentes lugares; o sea, que tenga gambas de sostén y suficiente madera en el fuste. Si es necesario, se cortan las gambas por el lado de la boca o a la derecha o izquierda de la dirección de caída.

La boca debe cortarse en forma perpendicular al eje del tronco (aunque este se encuentre inclinado), con una profundidad y una altura máxima de $\frac{1}{4}$ del diámetro del fuste. La bisagra debe abarcar un ancho máximo de $\frac{1}{10}$ del diámetro del árbol.

Para hacer el corte de caída, se inserta la punta de la espada de la motosierra a media altura de la boca, empezando de donde se marcó la bisagra hacia atrás del fuste (de adentro hacia fuera), sin cortarlo totalmente, sino dejando un tirante de madera o gamba de soporte. Luego se debe adelgazar la bisagra ligeramente a ambos lados del fuste, a la altura del corte de caída para evitar que el fuste se raje. Posteriormente se corta el tirante o gamba de soporte de afuera hacia adentro en un ángulo de 45° hasta llegar al corte de caída original.

La inclinación de los árboles es la mayor dificultad a la hora de talar. Con este método es posible cambiar la dirección natural de caída en unos 30° a la derecha o la izquierda, hasta una dirección de caída establecida.



5.3.3 Método de boca ancha

Si el árbol a talar tiene que ser controlado durante su caída por más tiempo que en casos normales, se necesita una bisagra fuerte y elástica. Dirigir la caída por más tiempo, significa que el árbol no tiene que caer en la dirección de caída natural sino en otra establecida por el trabajador.

Tala dirigida

En este caso, se corta la boca con una profundidad y una altura mínima de $\frac{1}{4}$ y máxima de $\frac{1}{2}$ del diámetro del árbol, de forma que la bisagra quede lo más ancha posible en forma de cuña, con la parte más gruesa en la dirección opuesta a la inclinación de caída natural. Por ejemplo, si el árbol está inclinado hacia la izquierda, la bisagra deberá ser más ancha al lado derecho (Fig. 5.4). Un mayor ancho de la bisagra en la dirección opuesta a la dirección natural de caída tiene un efecto de pivote; es decir que el árbol cambiará de dirección hacia la parte más gruesa de la bisagra debido a un mayor agarre de las fibras. Es común que las fibras en la parte más gruesa de la bisagra se revienten en vez de doblarse como sucede en el otro extremo de la bisagra.

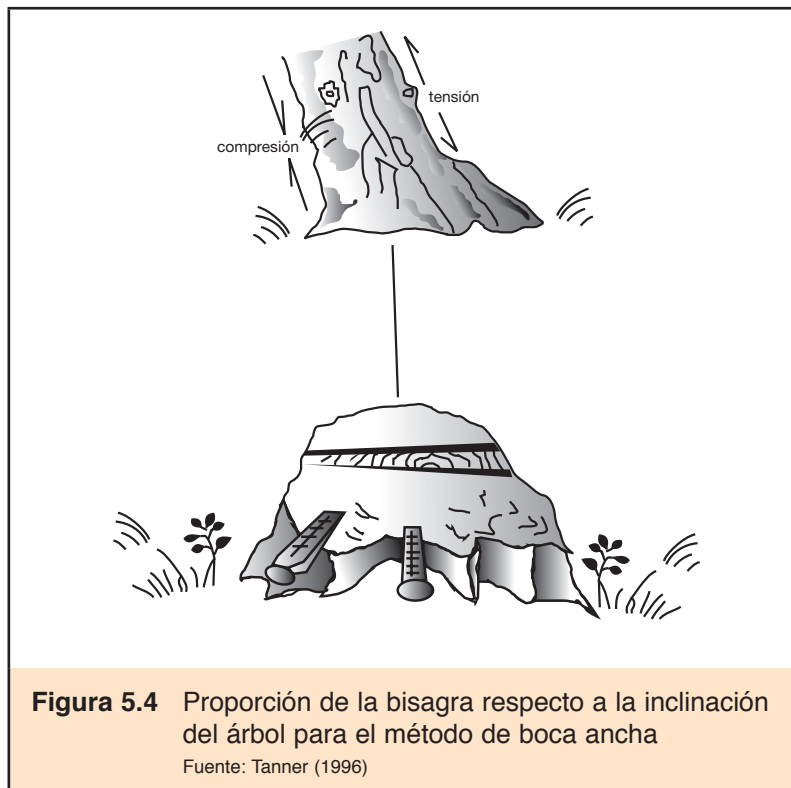
En la zona de la bisagra es recomendable no cortar las gambas del árbol. El corte de caída se abre por lo menos hasta media altura de la boca o más arriba por el lado de compresión o de inclinación natural hasta delimitar la bisagra, para evitar que la espada de la motosierra quede prensada. Luego, se introducen cuñas por el lado de compresión para sostener el peso debido a la inclinación del árbol. El corte de caída debe completarse en su totalidad por el lado de tensión hasta llegar a la bisagra por el lado de atrás; simultáneamente, se introducen cuñas para asegurarse de que el árbol caiga en la dirección establecida. La mayoría de los árboles talados con este método presentan bases grandes de forma ovalada, con gambas pequeñas y medianas.

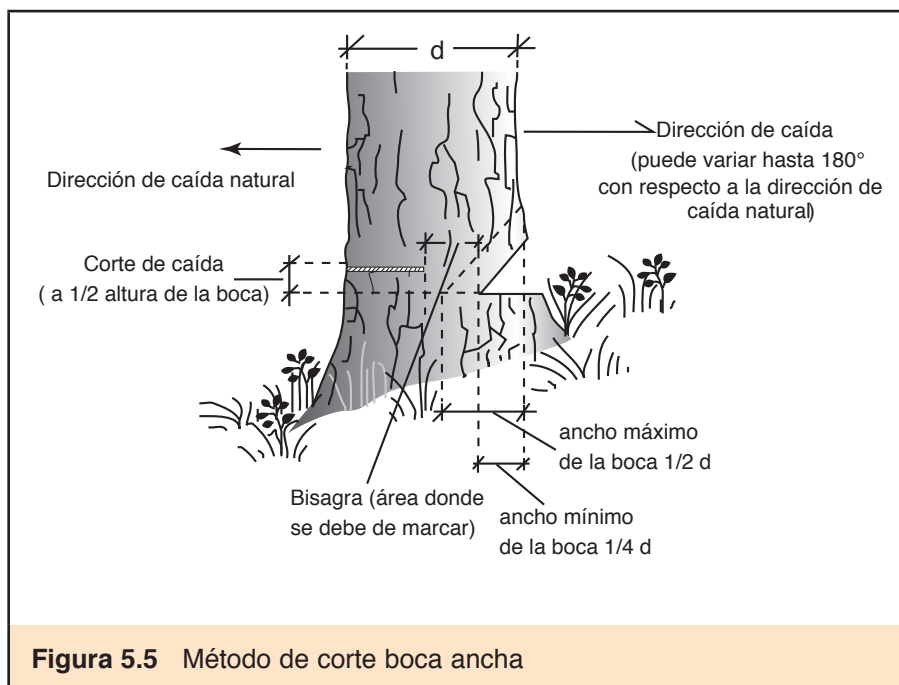
En casos difíciles, como cuando se trabaja con árboles de grandes dimensiones, se puede utilizar una prensa de troncos para que el fuste no se raje (Fig. 5.5). También en casos especiales se recomienda utilizar cables y tecele para llevar el árbol a su caída establecida (ver acápite 5.7).

Con el empleo de este método se ha logrado cambiar la dirección natural de caída hasta en 180° , con el auxilio de cuñas, tecele y cables. En bosque tropical y usando solamente cuñas, la dirección natural de caída puede ser cambiada hasta en 90° .



Con el método apropiado y herramientas adecuadas es posible variar la dirección de caída natural hasta en 180° .





5.3.4 Método de boca profunda

Este método se aplica en árboles **ligeramente inclinados** en la dirección de caída natural (Fig. 5.6). Es especialmente útil con árboles grandes de especies de madera suave debido a la cantidad de cortes que hay que hacer, sobre todo en la apertura de la boca. Si la madera es dura, es preferible usar el método de corte de punta. En árboles de pequeñas dimensiones, en los cuales el método de corte de punta no es factible, el método de boca profunda es apropiado para cambiar la dirección de caída con la ayuda de cuñas.

En árboles grandes se deben cortar las gambas, primero por el lado de la boca y luego a la derecha e izquierda de esta. La boca se corta perpendicularmente al eje del árbol, con una profundidad y una altura entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{5}$ del diámetro del árbol. La bisagra queda delimitada por la boca y el corte de caída, y debe tener un ancho de $\frac{1}{10}$ del diámetro del árbol. Para evitar que el árbol se raje, se debe cortar a ambos lados en forma transversal y a la altura del corte de caída. En algunos casos, como en pendientes muy pronunciadas y especies de muy alto valor, es conveniente utilizar la prensa de troncos con faja para aumentar la seguridad de los trabajadores y evitar que el fuste se raje longitudinalmente, ya que este aditamento soca y protege la base del árbol durante la caída y al momento de impactar contra el suelo.

Antes de realizar el corte de caída, se debe adelgazar la bisagra ligeramente a ambos lados del fuste para evitar rajaduras. El corte de caída se debe hacer a media altura de la boca y en forma perpendicular al eje del árbol. De nuevo, para evitar que el fuste se raje, se debe cortar a máxima aceleración de la motosierra y, en lo posible, en un solo corte.

El método de boca profunda es un proceso intermedio entre el apeo normal y corte de punta. En general, se usa poco ya que no hay tantos árboles con características de inclinación que justifiquen su uso; además, en aprovechamientos comerciales son muy pocos los árboles pequeños que se talan.

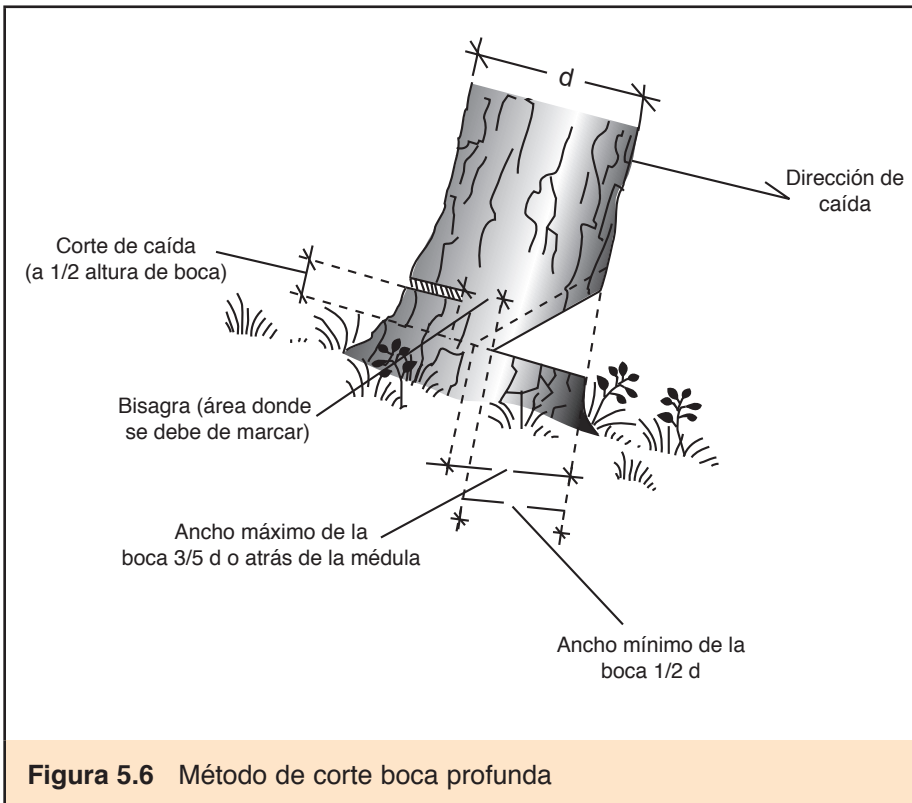
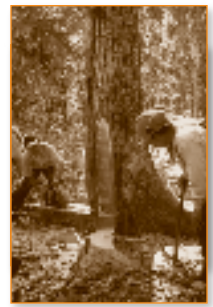


Figura 5.6 Método de corte boca profunda

5.3.5 Método para árboles podridos

Un árbol podrido en pie tiene por lo menos una capa de madera sana a su alrededor, la cual es muy importante para el trabajo de apeo. En este tipo de corte, la boca debe ubicarse lo más alto posible debido a que generalmente **la pudrición disminuye con la altura**, a un metro o más si es posible, dependiendo de la comodidad del trabajador.

A la altura elegida para el corte se debe marcar la base de la boca con una profundidad de hasta $\frac{1}{4}$ del diámetro del árbol. La altura de la boca se marca hacia abajo, a una distancia dos veces mayor que la profundidad de la base. De esta forma, la boca queda marcada por debajo del corte de caída y de la bisagra. Al contrario de los otros métodos, en el caso de un árbol podrido la boca se abre en rebanadas y se disminuye la profundidad de los cortes hacia la base del árbol en cortes horizontales separados por aproximadamente una pulgada con el fin de que al caer el árbol, los cortes se cierran y amortigüen la caída. La bisagra debe abarcar como máximo $\frac{1}{10}$ del diámetro del árbol y el corte de caída debe ejecutarse por encima de la planta de la boca aproximadamente a $\frac{1}{10}$ del diámetro del árbol (Fig. 5.7).

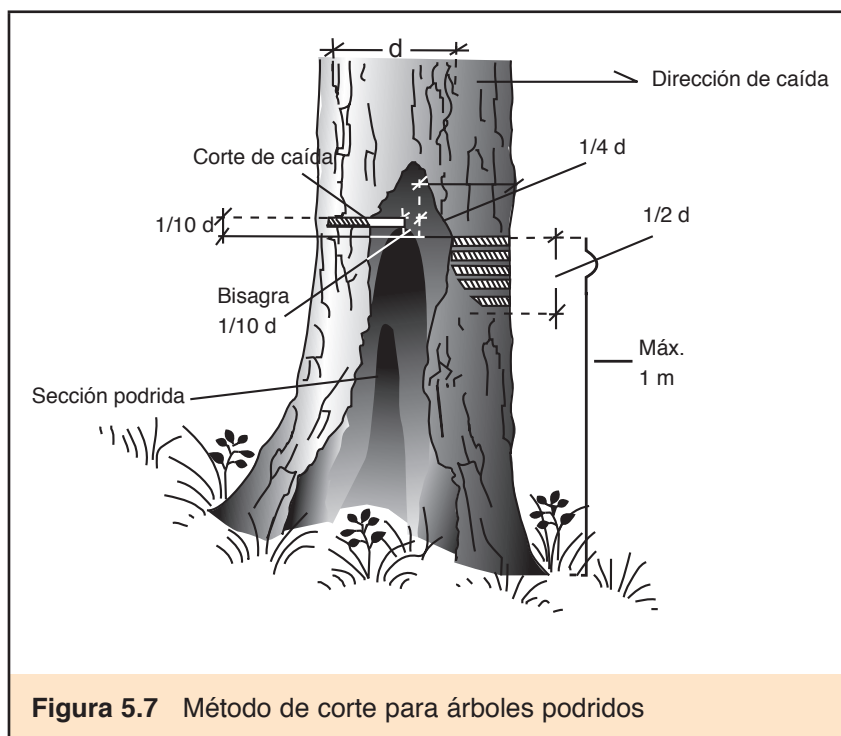


Figura 5.7 Método de corte para árboles podridos

Es recomendable **eliminar la corteza** en la zona de la bisagra para observar si la madera se está rajando en el momento de la tala, ya que la bisagra podría fallar y el árbol caer a la derecha o a la izquierda de la dirección de caída prevista. Muchas veces, debido a lo deteriorado del fuste no es posible usar cuñas ya que no se obtiene ningún efecto positivo al no encontrar madera sólida.

Este método de apeo funciona exclusivamente con árboles podridos, no con árboles huecos. En el caso de **árboles con la base hueca**, habría que analizar cuidadosamente el sistema de apeo a emplear. En principio, si hay suficiente cantidad de madera sana de soporte se podría aplicar cualquiera de los métodos antes descritos, excepto el de boca ancha. Habría que analizar cada caso en particular para determinar el área disponible para la bisagra y ver si es posible dejar esta más ancha a ambos lados. En todo caso, la utilización de cuñas ayuda a definir la dirección de caída como si el árbol estuviera sano. Nótese que se recomienda el uso de cuñas en árboles huecos con madera sólida, pero no en árboles podridos.

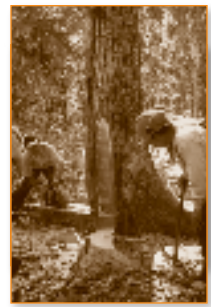
Este método es especialmente útil cuando se trata de eliminar árboles sobremaduros con la base podrida, durante la aplicación de tratamientos silviculturales que involucren la eliminación de árboles, como los tratamientos de saneamiento o mejora principalmente.

5.3.6 Método para árboles atascados

El trabajo de tala dirigida requiere de una alta precisión para asegurar que los árboles caigan en el sitio deseado. Sin embargo, algunas veces el cortar un par de pulgadas de más, en cualquiera de los métodos descritos, podría ocasionar cambios en la dirección prevista y hacer que el árbol quede colgado, recostado o atrapado en otro árbol. Esto generalmente ocurre cuando el árbol a tumbar está **muy cerca de otro árbol** y no alcanza el suficiente impulso para caer, ya que sus ramas están entrelazadas con las del vecino.

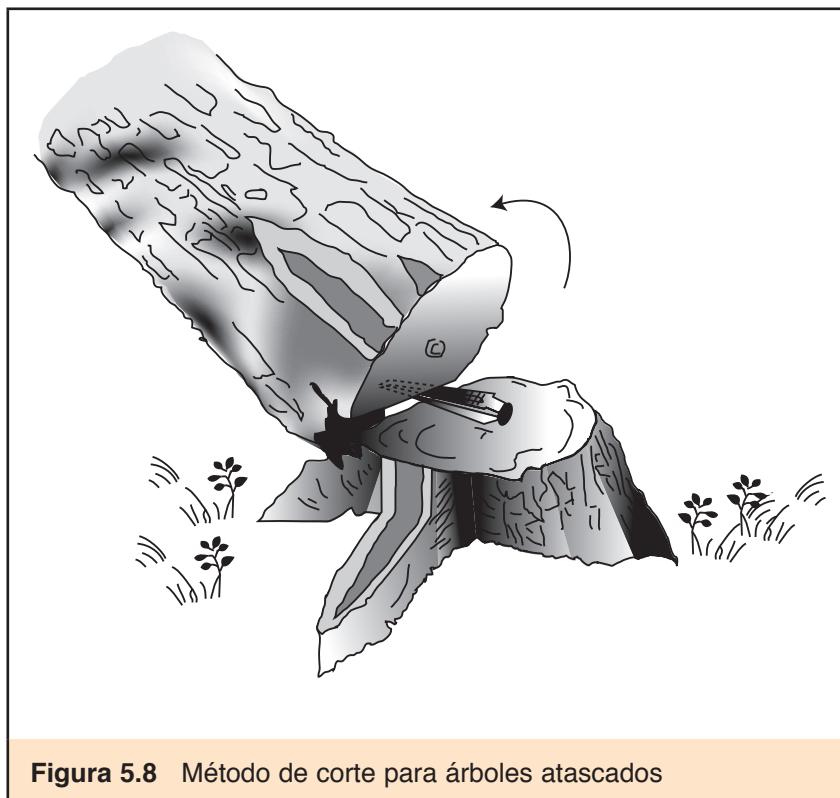
Tala dirigida

Esto constituye un verdadero peligro para la gente que trabaja en el bosque. Nunca deben dejarse árboles cortados en pie, pues podrían caer en cualquier momento y ocasionar graves accidentes. Recurrimos, entonces, a **métodos especiales de tala** para solucionar estos problemas.



En principio, hay que **analizar la situación** y observar cuidadosamente dónde está el mayor peso del árbol para determinar la ruta que seguirá al girar y caer al suelo. Siempre es necesario **separar parcialmente** el fuste del tocón, dejando parte de la bisagra para que sirva como punto de rotación, donde el árbol debe girar hacia el lado con mayor peso de fuste y ramas. En la parte donde se elimina la bisagra se deben colocar cuñas para que el fuste no prenda la espada de la motosierra, la cual tiene que ser manipulada con mucha rapidez y precisión. Las cuñas también sirven para asegurar que el fuste quede levantado y sea más fácil moverlo (Fig. 5.8.). Se puede ayudar al desplazamiento del fuste por medio de palancas, haciéndolo rodar una vez que las ramas de las copas cedan, ya sea porque se quiebren o porque se doblen, lo que facilita el deslizamiento y la caída del árbol.

Si el árbol talado está sentado en su propio tocón y no puede ser movido con palancas se procede a cortar el tocón en forma transversal por debajo de la base del árbol. De esta forma, el árbol pierde el soporte y se desliza hacia atrás.



En árboles de pequeñas dimensiones se debe cortar totalmente la bisagra para hacerlo caer hacia atrás con palancas, pasándolo por encima del tocón hasta que quede en el suelo. En casos muy difíciles y con alto riesgo para los trabajadores es preferible dejar el árbol como está y hacer entrar un **tractor forestal** para que lo jale.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Lo que **NUNCA debemos hacer** para derribar un árbol atascado es:

- Cortar la base del árbol tratando de sacarle punta, ya que al momento de moverse, el fuste se clavará en el suelo y la situación se complica.
- Jalar el árbol hacia el cuerpo o los pies del operario.
- Trabajar debajo de un árbol recostado.
- Talar el árbol que sirve de soporte, ya que la mayoría de las veces se complica la situación por ramas entrelazadas; además, aumenta el riesgo de accidentes al limpiar y trocear los fustes. Por otra parte, habrá fuerzas extremas de tensión y compresión, con lo cual el movimiento del árbol de sostén es impredecible y puede romperse y/o caer con mucha rapidez.

5.3.7 Método para árboles con gambas

Este método puede aplicarse en forma complementaria a otros métodos ya descritos. Hay una gran cantidad de árboles cuyo fuste tiene forma de estrella debido a las gambas o contrafuertes que los sostienen casi en forma exclusiva, además el fuste se reduce hacia la base en forma de cono; en consecuencia, no hay mucha madera compacta como para preparar la dirección de caída (Fig. 5.9). No obstante, si se analiza bien cada caso y se aplican los diferentes elementos antes descritos no habrá problema para voltear el árbol hacia donde se quiera dirigir la caída.

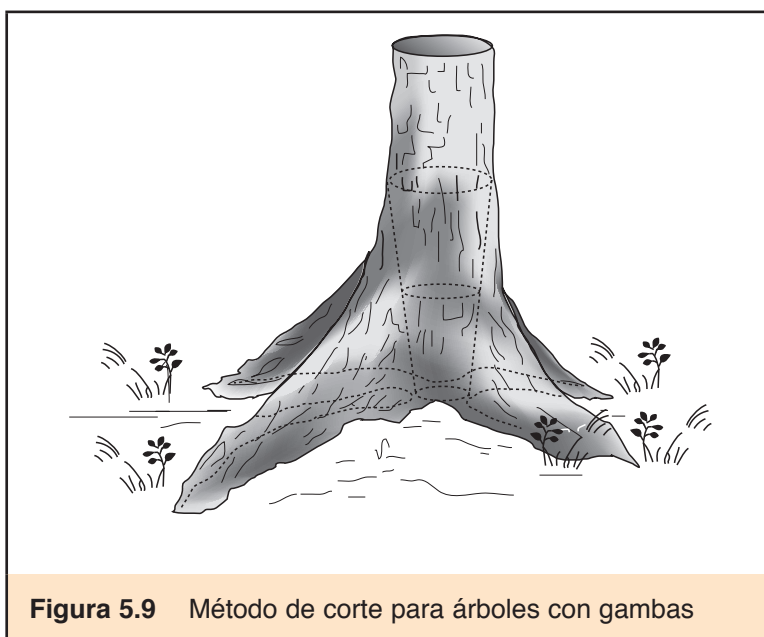
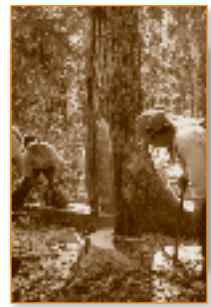


Figura 5.9 Método de corte para árboles con gambas

Los pasos para talar árboles con gambas son los siguientes:

- 1) Definir la dirección de caída.
- 2) Evaluar las gambas para ver cuáles hay que dejar y cuáles eliminar. Se deben dejar las que sirven de contrapeso; o sea, las que están en dirección opuesta a la dirección de caída, y eliminar las que estén en el lado de la boca y en ambos lados de la bisagra. Estas últimas pueden quedar bajo fuertes fuerzas de tensión y compresión cuando el árbol es talado, y propiciar que el fuste se raje.



3) Hacer el corte de las gambas lo más cerca posible del suelo; hay que tener en cuenta que, a esa altura, las gambas son más gruesas, muy irregulares, poco compactas y poco estables. Si para el motosierrista es muy difícil trabajar a ras del suelo, se puede subir hasta un metro de altura, como máximo, con el fin de buscar la mayor área de madera sólida hacia el centro del fuste, y así poder aplicar los diferentes elementos en las proporciones adecuadas. Esto no debe interferir con el aprovechamiento final del árbol, ya que en el momento de realizar el desboste se eliminará una sección de la base que no tiene valor de venta. Se debe iniciar con el corte horizontal y terminar con el vertical; hay que cuidar de no adentrarse en la parte del fuste con madera compacta, pues se debilita la capacidad de sostén del árbol y se pierde madera. Ambos cortes tienen que unirse en un mismo punto. El motosierrista debe manejar la motosierra bien pegada a la gamba en ambos cortes para aprovechar toda la potencia de la máquina. En el corte horizontal, el motosierrista debe hincar una rodilla en el suelo y mantener la espalda recta para evitar la fatiga; la motosierra se coloca con el motor hacia arriba. Hay que tener mucho cuidado al momento de palanquear y botar las gambas cortadas porque pueden caer y golpear al motosierrista o a su ayudante. Además, si están en la dirección de caída, hay que retirarlas porque, al caer, el fuste se puede golpear en ellas y rajarse, lo que desmerece la calidad de la madera.

4) Realizar los cortes de boca, bisagra y caída siguiendo las pautas antes descritas.

En esta sección hemos:

Descrito la técnica de aplicación de cada uno de los siguientes métodos de corte:

- Método de corte normal
- Método de corte de punta
- Método de boca ancha
- Método de boca profunda
- Método para árboles podridos
- Método para árboles atascados
- Método para árboles con gambas

5.4 Preparación de productos

5.4.1 Limpieza del fuste

Una vez derribado el árbol, el ayudante debe proceder a limpiar el fuste para facilitar la movilización del motosierrista, de manera que este pueda evaluarlo apropiadamente y decidir dónde tiene que hacer los cortes posteriores. Cuando acaba con la limpieza del fuste, el ayudante inspecciona la copa para determinar si hay **ramas gruesas** que puedan ser aprovechadas en forma conjunta con el fuste principal. De ser así, se limpian para después cortarlas. La limpieza por lo general se hace con machete para eliminar las ramas delgadas y con motosierra para las ramas gruesas. El lugar donde se ubica el motosierrista para realizar el o los cortes debe estar limpio de obstáculos; no se debe trabajar con árboles, palmas, piedras, ramas o tocones a la espalda, ya que ante cualquier movimiento imprevisto del fuste el trabajador podría golpearse o quedar prensado. En casos difíciles, se debe abrir una ruta de escape o retirada para disminuir riesgos.



5.4.2 Desbote

Este consiste en **eliminar la parte sobrante** de gambas, la bisagra y/o deformaciones o pudriciones de la base del tronco para no arrastrar desperdicios hasta los patios de acopio, ya que eso significa aumento de costos y reducción de la productividad durante el arrastre. Esta labor la realiza el motosierrista después de que el ayudante acabe de limpiar el árbol cortado, o en forma simultánea.

Si en la base del fuste hubiera un hueco, es recomendable introducir una varilla para estimar la profundidad del mismo y decidir dónde hacer el **corte de saneamiento**. Si después del desbote el daño continúa, se debe cortar una sección extra hasta dejar el fuste sano o con un mínimo de defectos.

5.4.3 Evaluación

En la mayoría de los casos, y cuando la potencia de la maquinaria de arrastre lo permite, es más rentable extraer fustes completos hasta el patio de montaña, donde se hace el troceo (ver Capítulo 6 sobre Operaciones de saca). No obstante, antes de tomar la decisión, se debe evaluar el fuste del árbol talado y otras secciones de la copa que puedan **aportar madera comercial**. Durante la evaluación hay que tener especial cuidado con las zonas de compresión y tensión del fuste y con reventaduras externas e internas, las cuales podrían poner en peligro la seguridad del motosierrista y propiciar atrasos si la espada de la motosierra se prensa.

Si el fuste fuese demasiado grande como para arrastrarlo completo, el ayudante del motosierrista marca los sitios donde se debe seccionar, haciendo un **corte en la corteza** con el machete. Para tratar de sacar el máximo de madera comercial posible, si la rama principal es aprovechable, se deja unida al fuste para que sea arrastrada, ya que las secciones de dimensiones pequeñas no justifican su arrastre en términos económicos. Es por eso que la mayoría de extractores maderos dejan ramas gruesas y troncos de pequeñas dimensiones en el sitio de tala.

Los **fustes muy largos o con horquilla** aumentan la intensidad de daños a la vegetación remanente durante el arrastre. Por lo tanto, es muy importante decidir dónde hacer los cortes pues se tendrá que escoger entre mayor volumen arrastrado con más daño, o menor volumen con menos daño.

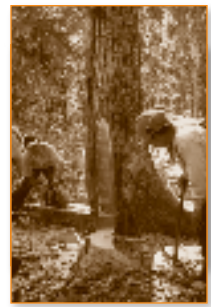
5.4.4 Descope y desrame

El descope es el corte que se realiza para separar el fuste de la copa. Las **ramas gruesas** de más de 40 cm de diámetro y una longitud mayor a dos metros se consideran aprovechables. Estas ramas, entonces, se deben limpiar para luego seccionarlas.

La experiencia ha demostrado que en operaciones comerciales en El Petén, Guatemala se ha obtenido hasta un 25% más de rendimiento de madera comercial al aprovecharse las ramas gruesas. No necesariamente todas las ramas gruesas tienen que ser extraídas en forma mecanizada; también pueden ser aserradas con motosierra y marco como parte del aprovechamiento de residuos (ver capítulo 9 sobre Aserrío *in situ*).

Tala dirigida

El desrame consiste en la eliminación de ramas para dejar el fuste comercial limpio. En el caso de coníferas, el desrame elimina todas las ramas del fuste hasta llegar al diámetro menor aprovechable. En el caso de latifoliadas, se desrama sólo si se van a sacar ramas gruesas; si no, se elimina toda la copa.



En el bosque de la comunidad de Toncontín, Honduras, los motosierristas acostumbran **picar todas las ramas** de la copa del árbol talado para que la regeneración presente y la que crecerá en esos claros no tengan obstáculos que les impidan crecer. Se ha observado que la regeneración que crece debajo de la ramazón de las copas tiende a sufrir deformaciones severas por el obstáculo que las ramas representan. En los bosques montanos de Villa Mills, Costa Rica, el aprovechamiento y el tratamiento silvicultural se hicieron de manera simultánea en una sola intervención; así, los restos de las copas fueron picados para evitar daños a la regeneración.

5.4.5 Troceo

El troceo consiste en seccionar el fuste en trozas de dimensiones prefijadas para facilitar el arrastre y posterior transporte hasta la planta industrial. La **dimensión de las trozas** depende de factores como evitación de daños al bosque remanente, método de extracción en fustes largos o cortos, capacidad y tipo de la maquinaria (arrastre, carga y transporte), uso final de la madera (madera aserrada o “plywood”), densidad de la madera, dimensión del fuste, longitud de la tarima del camión y tipo de cargadero. Por lo general, la madera se lleva en fustes largos hasta los patios de montaña, donde se trocea para transportarla al lugar de procesamiento; sin embargo, por diversas razones, algunas veces es necesario trozar los fustes en el bosque mismo.

Así, si la **extracción se hace por medio de tracción animal**, las trozas tendrán que ser de dimensiones pequeñas (un metro cúbico como máximo), a menos que se tengan accesorios tales como sulky, carretas y/o trineos (ver acápite 6.2). Algunas veces la madera es aserrada *in situ* y transportada por fuerza humana, tracción animal (mulas, caballos, búfalos y/o bueyes), camionetas o carretas jaladas por tractores agrícolas (ver acápite 6.4).

Cuando los fustes son muy largos y las pistas de arrastre angostas y sinuosas, las trozas arrastradas por el tractor rozan y **maltratan la corteza y las gambas** de los árboles remanentes, lo que propicia pudriciones en los árboles afectados. Si el arrastre se hace desde las vías o pistas utilizando el ‘winche’ con el cable del tractor o *skidder*, las trozas de grandes dimensiones hacen más daño que las de tamaños pequeños y, además, dificultan la labor de extracción. En un bosque montano en Costa Rica, después de un aprovechamiento de impacto reducido se decidió trocear en el sitio mismo los fustes en trozas de largos definidos (Venegas y Louman 2001).

El tipo y potencia de la **maquinaria de arrastre** define, en gran medida, el tamaño de las trozas a extraer. La capacidad del cargador frontal y la pericia del operador también son criterios utilizados para definir el tamaño máximo de las trozas. Las maderas pesadas se manejan más fácilmente con dimensiones menores.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Otro factor que influye en el troceado es el **uso final**. La madera utilizada para desenrollado se corta en múltiplos de la capacidad del torno y luego se secciona en el patio de la industria. En cuanto a la madera para aserrío, las longitudes son menos exigentes ya que es posible vender piezas cortas o “cabería”. Independientemente del largo predefinido, es importante dejar un trozo adicional, o macilla, para asegurarse de que al final las trozas realmente cumplan con las dimensiones requeridas y haya un margen de madera para el saneado final en la planta procesadora.

El **largo de la plataforma** del camión en cierta medida decide sobre la longitud máxima de las trozas. Como regla general, las trozas **no deben** sobresalir más de dos metros de la plataforma del camión tronquero.

En principio, la **carga de trozas** en el camión se puede hacer de dos maneras: 1) Mediante un cargador frontal, el cual debe ser capaz de levantar la troza y depositarla en la plataforma; en este caso, el tamaño de la troza depende de la capacidad del cargador. 2) Mediante cargaderos a desnivel, ya sea de alto o bajo relieve. En este caso, las trozas son rodadas y acomodadas por el tractor sobre la plataforma del camión, por lo que se pueden cargar trozas de mayores dimensiones. Este es el método que se usa con más frecuencia.

En esta sección hemos:

- Descrito los pasos a seguir para preparar los productos de la tala:
 - Limpieza del fuste
 - Desbote
 - Evaluación
 - Descope y desrame
 - Troceo

5.5 Tipos de cortes para el troceo

El troceo exige un entrenamiento y seguimiento de reglas para evitar que la troza se reviente o raje en sentido longitudinal, o que la motosierra se atasque. El tipo de corte más apropiado se escoge después de determinar las dimensiones y dificultad que cada troza presenta, las curvaturas hacia arriba o hacia abajo que provocan zonas de tensión y compresión, y el terreno donde descansa la troza. Lo primordial es garantizar la seguridad de los trabajadores, evitar pérdidas económicas y de tiempo por atascamientos o rompimiento de la espada y disminución del volumen comercial debido a pérdidas de madera. Entre los principales tipos de cortes para el troceo de árboles están los siguientes:



5.5.1 Corte de troceo vertical simple

Este tipo de corte se practica en trozas gruesas o delgadas cuando el fuste descansa totalmente en el suelo y no hay mayores problemas de zonas de tensión ni de compresión. El corte se hace de arriba hacia abajo cuando el largo de la espada es mayor que el diámetro del tronco en la sección de corte; en caso contrario, hay que realizar el corte en ambos lados. Es preferible emplear este tipo de troceo en patios de montaña y en bosque con terreno plano.

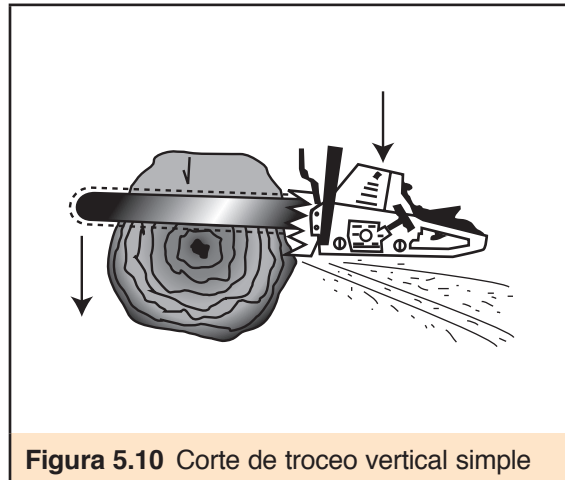
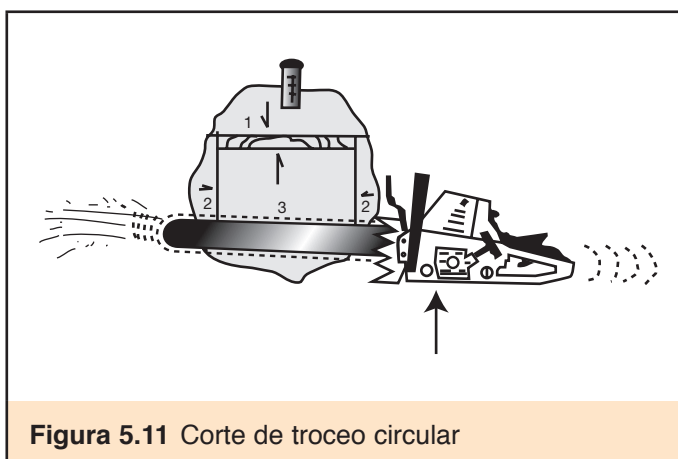


Figura 5.10 Corte de troceo vertical simple

5.5.2 Corte de troceo circular

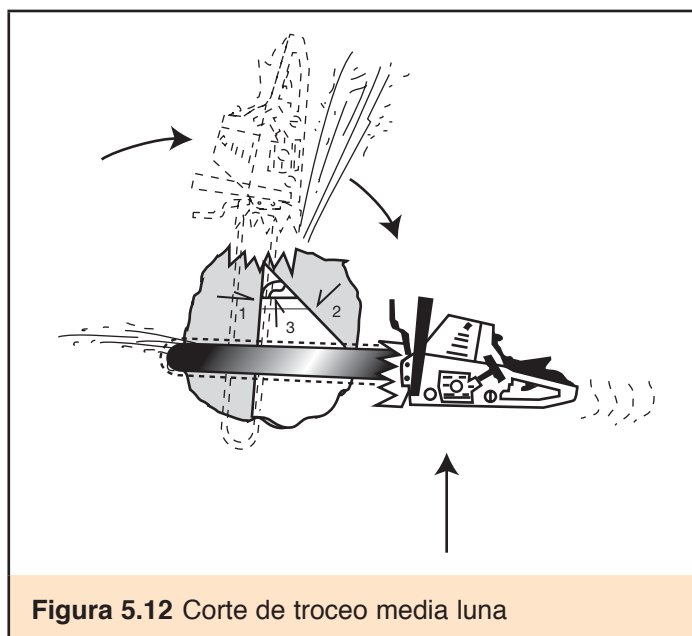
Para realizar este corte la troza puede ser gruesa o delgada, pero sometida a fuerzas de tensión y compresión debido a que el árbol se encuentra suspendido y no toca el suelo en el lugar donde se debe realizar el corte. Este tipo de corte se hace en tres etapas.

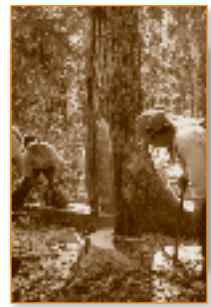
- 1) En la zona de compresión -que puede estar arriba o abajo- hacer un corte no mayor a una cuarta parte del diámetro del tronco; colocar una cuña para evitar que el corte se cierre y preñe la espada.
- 2) Cortar ligeramente a ambos lados de la troza dos o tres pulgadas con el fin de facilitar el corte de tensión.
- 3) Terminar el corte por la zona de tensión, la cual se encuentra, por lo general, debajo de la troza. Se puede dejar un pequeño listón de madera que se quebrará con el peso de la troza. Se recomienda introducir una cuña en la zona de compresión, ya que al golpearla se abrirá el corte, lo que facilita la separación de las trozas y evita el atascamiento de la espada. Durante el primer y tercer corte se debe acelerar al máximo, mover dentro del corte y retirar la espada con rapidez para evitar que se atasque.



5.5.3 Corte de troceo de media luna

Este tipo de corte se utiliza con trozas de pequeñas o grandes dimensiones, bajo fuerzas de compresión y tensión medianas o altas, en las que la sección de la troza donde se realiza el corte se encuentra suspendida, muy cerca o tocando el suelo y la zona de tensión se ubica debajo de la troza. En estas condiciones, este corte es ideal pues no hay espacio libre para introducir la espada de la motosierra, y evita el riesgo de golpear piedras, el suelo u otros obstáculos. Este corte consiste en fijar las garras de la motosierra por encima de la troza y cortar en forma vertical hasta aproximadamente la mitad, de allí el nombre de media luna. A continuación se corta la parte de compresión; cuando el corte comienza a cerrarse, se recomienda colocar una cuña. Por último, se corta la parte de tensión hasta que ambas partes se separen. Se puede dejar un listón de madera que se quiebra con el peso de las trozas.





5.5.4 Corte de troceo tipo prensa

Este tipo de corte se aplica cuando hay mucha fuerza de tensión y compresión y el diámetro de la troza no es mayor a la longitud de la espada de la motosierra. La zona de la troza donde se ejecuta el corte puede encontrarse suspendida o descansar en el suelo. Se comienza por la parte de compresión hasta que el corte tiende a cerrarse; se saca la espada y se repite el proceso hasta que nuevamente empiece a cerrarse, y así sucesivamente. Si hubiera riesgo de que la espada quede atascada, se mueve la motosierra hacia delante y atrás y se retira en forma rápida. Cuando la zona de compresión se cierra completamente queda un espacio que permite completar el corte sin que la espada quede aprisionada. Si se quiere aumentar el espacio de corte y evitar problemas de aprisionamiento de la espada se coloca una cuña en la parte de compresión. Algunos operadores prefieren hacer un corte pequeño de una o dos pulgadas por el lado externo de tensión antes de terminar el corte por la parte interna. Se recomienda que este tipo de corte sea ejecutado por motosierristas experimentados, ya que los movimientos deben ser rápidos y el corte debe hacerse por un solo lado de la troza.

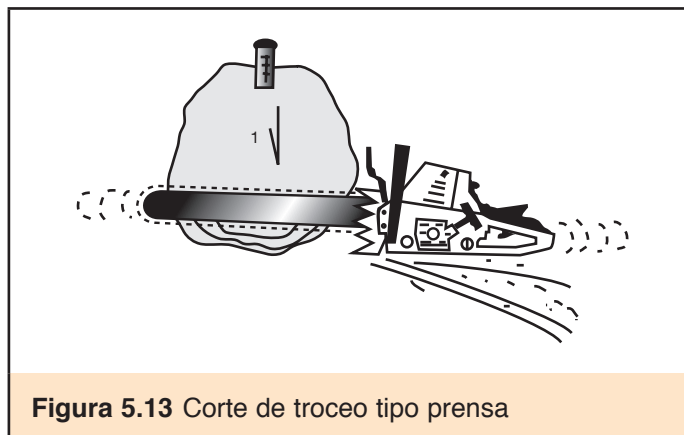
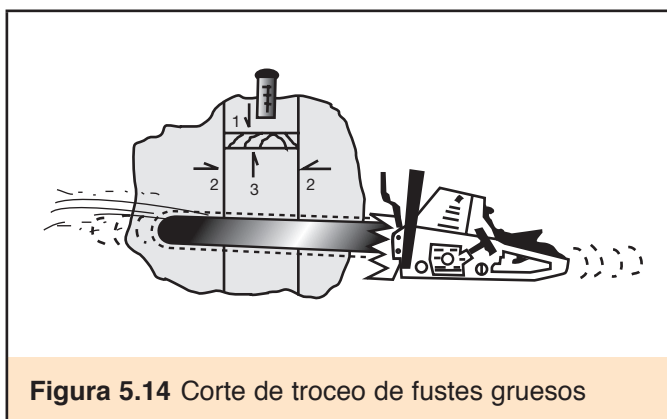


Figura 5.13 Corte de troceo tipo prensa

5.5.5 Troceo de fustes gruesos

Este tipo de corte se realiza cuando el diámetro de la troza es superior al largo de la espada. Existen variantes dependiendo de si la troza se encuentra sobre el suelo, muy cerca o suspendida. Si la troza está totalmente en el suelo, el troceo se puede realizar por medio de un corte vertical simple, pero alternando en ambos lados de la troza para abarcar todo el diámetro y unir los dos cortes; si hubiera la probabilidad de tocar el suelo o piedras, se puede dejar una pequeña sección de madera abajo sin cortar. Si la troza se encuentra muy cerca del suelo, o suspendida parcialmente, se puede aplicar un procedimiento similar al corte de media luna; pero si la troza está totalmente suspendida, se puede proceder en forma parecida al corte circular, pero se corta hasta un cuarto del diámetro a ambos lados de la troza. En la Fig. 5.14 se ilustra cómo realizar dicho troceo. En los dos últimos casos el principio es simple: reducir el diámetro de la troza por uno o los dos lados y luego cortar por arriba o abajo; primero en la zona de compresión, luego en el lado opuesto al primer corte y terminando en la zona de tensión. Existe el riesgo de que la espada se preñe debido a las dimensiones de la troza y a las tensiones. Al igual que en los otros tipos de troceo se puede dejar una pequeña sección de madera que se quiebra por el propio peso de la troza, o al ser movida por la maquinaria.



En esta sección hemos:

- Descrito los diferentes tipos de cortes para el troceo de árboles:
 - Corte de troceo vertical simple
 - Corte de troceo circular
 - Corte de troceo de media luna
 - Corte de troceo tipo prensa
 - Troceo de fustes gruesos

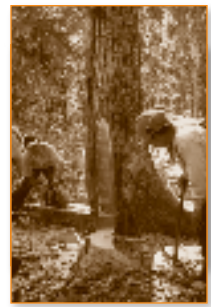
5.6 Uso de cuñas

El uso de las cuñas en la tala de árboles no es nuevo; desde hace muchos años se vienen utilizando de manera artesanal para resolver diversas situaciones. Por ejemplo, para hacer caer un árbol atascado o para sacar una espada prensada. Ante estas situaciones, el sentido común ha llevado a los operarios a improvisar cuñas hechas con troncos rollizos delgados o pedazos de madera del mismo árbol, a los cuales se les hace una especie de punta; esta cuña es golpeada con otro trozo de madera para introducirla en el corte. La mayoría de las veces estas cuñas improvisadas no tienen mayor efecto ya que se parten, se deslizan a uno u otro lado de la zona de corte, o no penetran en el corte debido a lo rudimentario e irregular de su elaboración.

En la actualidad, en el mercado se encuentran cuñas especiales para talar árboles, las cuales **ayudan a asegurar la dirección de caída en el sitio deseado** o son de **gran ayuda durante el troceo**. En los trópicos es común encontrar situaciones difíciles para el apeo, debido a la gran altura y diámetro de los árboles, inclinación natural del fuste y copas asimétricas dominadas por ramas grandes. A pesar de esto, con la ayuda de una o varias cuñas es posible talar en una dirección diferente de la dirección de caída natural.

Tala dirigida

Las cuñas no levantan más de 1,5 pulgadas (aproximadamente 4 cm) de la base del fuste con respecto al tocón; sin embargo, esto es suficiente para sostener, sacar de balance o contrarrestar el efecto de la inclinación del fuste o ramas. Las cuñas son utilizadas como **punto de apoyo** de una palanca para levantar y sostener el peso del árbol, para luego pasar más allá del centro del peso hasta que el árbol pivote y caiga en la dirección escogida. Como se ve, el mecanismo de palanca es bastante simple pero muy efectivo. Las cuñas también se usan para **evitar atascamientos** de la espada de la motosierra, o **cambios en la dirección de caída** durante la tala.



5.6.1 Uso de cuñas en la tala

El uso de las cuñas es simple y básico en la tala de árboles; sin embargo, deben colocarse con mucho cuidado, analizando bien la situación para decidir dónde exactamente deben ponerse para causar el mayor efecto posible. Por ejemplo, en el apeo normal, las cuñas se colocan después de la apertura de la boca y una vez definida la bisagra, para asegurar que realmente el árbol caiga en la dirección deseada.

En este, y todos los otros casos, una vez definida y abierta la boca y demarcada la bisagra, el corte de caída se ejecuta en un solo movimiento si el grosor del árbol es menor que el largo de la espada de la motosierra. La cuña se debe introducir luego de que la espada haya penetrado lo suficiente en el corte, de manera que cuña y espada no hagan contacto (Fig. 5.15). La cuña se debe colocar en el corte de caída, exactamente en la línea imaginaria que marca la dirección de caída establecida.

El corte de caída de un árbol con un **grosor mayor que el largo de la espada** debe ejecutarse en varios pasos. En principio, al igual que en el caso anterior, se coloca una cuña en el corte de caída exactamente en la línea imaginaria de la dirección de caída establecida. La mayoría de las veces, sin embargo, el uso de una sola cuña no es suficiente para asegurar que el árbol caiga; por eso se deben colocar dos cuñas más (una a cada lado), apuntando hacia el centro del corte de la boca. Las cuñas se golpean con un mazo en forma alterna y simultáneamente se controla la reacción del árbol. No se debe tratar de introducir todo el cuerpo de la cuña de una sola vez, sino en golpes consecutivos. Cuando se trabaja con más de una cuña, hay que golpearlas alternadamente, de manera que todas trabajen al irse abriendo el corte de caída con la motosierra. Si aún así el árbol no inicia el movimiento de caída, es recomendable adelgazar un poco la bisagra (1 – 1,5 cm) en forma pareja y golpear las cuñas; este procedimiento podría ser necesario una o dos veces, pero al final el árbol caerá en el lugar predeterminado.

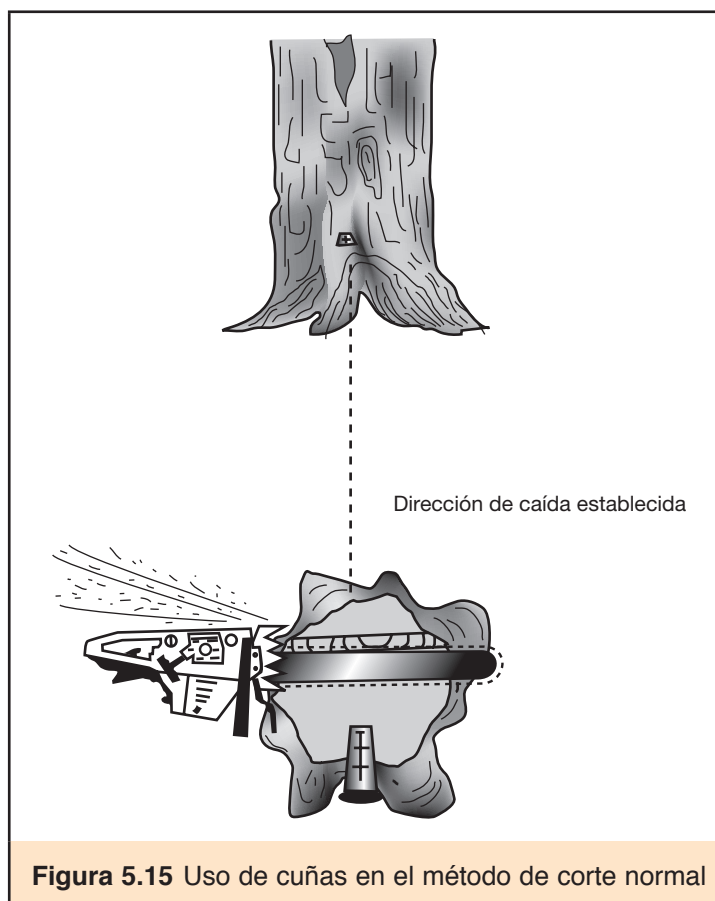


Figura 5.15 Uso de cuñas en el método de corte normal

Para otros métodos de tala (método de boca ancha, corte de punta y método de tala de árboles atascados y en algunos casos, en árboles podridos) hay que encontrar las **zonas de tensión y compresión** antes de introducir la cuña. En estos casos, el corte de caída se debe iniciar por el lado de compresión, el cual corresponde al lugar de la inclinación causada por el peso del fuste y ramas (Fig. 5.16a). Cuando el corte está lo suficientemente profundo se procede a introducir la(s) cuña(s) en el mismo sentido de la dirección de caída establecida y en el lado de compresión para contrarrestar el peso del fuste o de las ramas. Finalmente, el corte de caída se termina por el lado de tensión (Fig. 5.16b). Para que las cuñas trabajen mejor se recomienda eliminar la corteza y, si es posible, parte de la albura en el lugar en que se colocan, para que al penetrar encuentren madera sólida que no ceda a los golpes. No es necesario forzar las cuñas dentro de la madera, solamente lo necesario hasta que se encuentre resistencia. Hay que estar atentos conforme se avanza en el corte por si las cuñas se aflojan; entonces, es necesario golpearlas nuevamente para que sigan cumpliendo con su función de empuje.

Las cuñas también contrarrestan el efecto del viento durante la tala, pues le dan más estabilidad al árbol y disminuyen el riesgo de accidentes.

El ayudante es quien generalmente realiza el ‘acuñado’, por lo que el motosierrista debe estar atento por un eventual desprendimiento de alguna rama seca o bejuco desde la copa del árbol que pueda poner en peligro al ayudante. Para mejorar la visibilidad, es conveniente eliminar la vegetación arbustiva y palmas que impidan ver bien la copa; además, con esto se crea suficiente espacio para el trabajo del operario con el mazo.

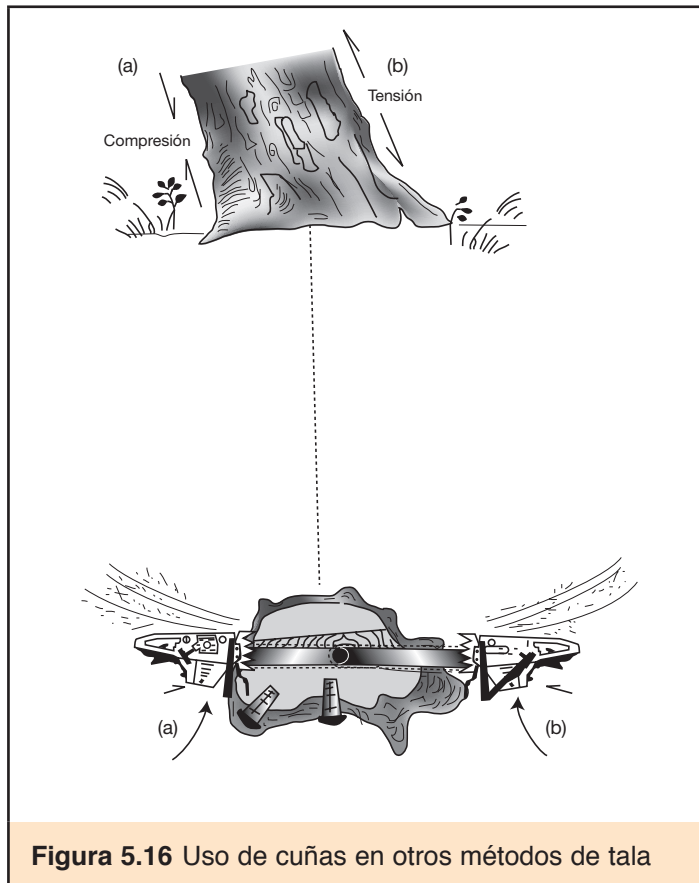


Figura 5.16 Uso de cuñas en otros métodos de tala

Para **evitar el deterioro** de las cuñas es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Corte de caída en grada.** Muchas veces, al hacer el corte de caída se saca la motosierra y nuevamente se vuelve a introducir con lo que se forma una grada en la zona del corte de caída. Al introducir la cuña, esta choca contra la grada y la punta se quiebra o se queda atascada.
- **Corte de caída oblicuo.** Algunos motosierristas tienen la costumbre de realizar el corte de caída en sentido oblicuo, de arriba hacia abajo, en vez de hacer un corte horizontal. Los cortes de caída oblicuos reducen el efecto de las cuñas y el exceso de golpes hace que la cabeza de la cuña se deforme como un hongo, lo que reduce su vida útil.
- **Contacto de la cuña con la cadena de la motosierra.** Las cuñas se debilitan y tienden a quebrarse si entran en contacto repetido con la cadena de la motosierra durante los cortes. La cadena no se rompe ni los dientes se quiebran, pero sí se desafilan. Dependiendo de la gravedad del daño sufrido, las cuñas pueden repararse en un taller mecánico utilizando un esmeril.



5.6.2 Uso de cuñas en el troceo

A veces es difícil determinar las zonas de tensión y compresión en el fuste de un árbol caído. Esta situación hace que durante el troceo, la espada y cadena de la motosierra queden prensadas con la consecuente pérdida de tiempo, esfuerzo y dinero. Las cuñas ayudan a **evitar atascamientos** y disminuir el **riesgo de accidentes** durante el troceo.

La cuña se coloca en la zona de compresión para mantener el corte abierto y proseguir con el corte de manera segura. Muchas veces, la espada se prensa antes de haber colocado la cuña. En este caso, las cuñas pueden ayudar a abrir el corte donde se produjo el atascamiento para sacar la máquina o herramienta (Fig. 5.17).

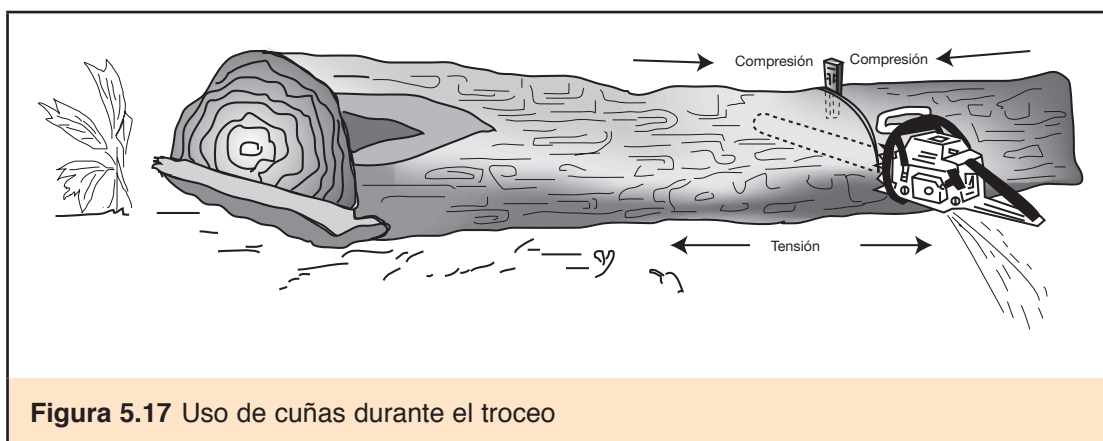


Figura 5.17 Uso de cuñas durante el troceo

5.6.3 Diseño de cuñas

Existen varios modelos de cuñas para labores de aprovechamiento forestal en el mercado, las cuales tienen que ser pedidas por catálogo a los distribuidores de las diferentes marcas de motosierra. Las dos marcas más utilizadas en la región son Stihl y Husqvarna. Los precios de las cuñas varían entre 4 y 33 dólares, dependiendo del material y diseño de las mismas (Cuadro 5.1).

En árboles pequeños de madera blanda, muy comunes en bosques secundarios, las cuñas pequeñas de plástico o aluminio dan resultados satisfactorios. En los bosques primarios con árboles grandes de madera más dura se recomienda el uso de cuñas más macizas y con características particulares que permitan un mejor agarre y penetración. Las principales **características de estas cuñas** son: la presencia de estrías en ambas caras para asegurar que la cuña no se deslice hacia los lados, la presencia de canales centrales y estrías que evitan que la cuña rebote cuando se está introduciendo con el mazo, un ángulo entre 15 y 30° (a mayor ángulo y longitud, mejor penetración de la cuña en el interior del corte).

En el cuadro siguiente se describen algunas de las cuñas que se ofrecen en el mercado. No se recomienda usar cuñas de hierro pues son muy pesadas; además, al golpearlas con el mazo se desprenden esquirlas o pedazos que pueden causar serios daños al operario. Tampoco se recomiendan las de poliamida (plástico) ya que tienden a deformarse con el uso cuando se trabaja con árboles de madera dura.



Cuadro 5.1 Características de diferentes tipos de cuñas usadas en actividades de aprovechamiento forestal

Marca	Precio	Características
Stihl	US\$33,0	Elaborada de aluminio, con cabeza de madera y anillo. Posee dos estrías de sujeción a ambos lados Peso: 980 gramos Longitud: 12 pulgadas
Stihl	US\$23,0	Elaborada enteramente de aluminio Posee guía y estrías de sujeción a ambos lados Peso: 820 gramos Longitud: 10 pulgadas
Stihl	US\$6,30	Elaborada enteramente de aluminio Posee ganchos de retención al centro en ambos lados Peso: 190 gramos Longitud: 5 pulgadas
Stihl	US\$14,85	Elaborada de poliamida resistente a golpes Posee guías en ambas caras Longitud: 10 pulgadas
Husqvarna	US\$4,0	Elaborada de poliamida resistente a golpes Longitud: 7,5 pulgadas
Husqvarna	US\$6,00	Elaborada enteramente de magnesio Posee una guía central en ambas caras Posee ganchos de retención Longitud: 5 pulgadas
Catálogo de Forestry Suppliers, INC.	US\$10,0	Elaborada de aluminio No posee ganchos ni estrías de sujeción Peso: 560 gramos Longitud: 7 pulgadas

En esta sección hemos:

- Descrito el uso de cuñas en la tala de árboles.
- Descrito el uso de las cuñas en el troceo.
- Descrito varios tipos de cuñas.



5.7 El tecle y los cables como herramientas para el aprovechamiento forestal

5.7.1 Uso de tecle y cables durante la tala

El uso del tecle y los cables durante la tala es poco usual en aprovechamientos en el bosque tropical húmedo, aunque es una práctica común en el manejo de bosques en otras latitudes. En algunos casos es necesario cambiar la dirección de caída natural hasta en 180°, o contrarrestar el peso de la copa o del fuste, o tener una seguridad absoluta de que el árbol caerá en la dirección deseada. En estos casos extremos podemos recurrir a la tala de árboles con el auxilio del tecle y cables para complementar los métodos de tala ya descritos.

El tecle y los cables nos ayudan a **guiar la caída en una dirección dada** y disminuir los factores de riesgo. No obstante, su **productividad es baja** en comparación con los métodos de tala antes descritos; además, requiere de un **mayor nivel de conocimiento y destreza** por parte de los operarios. Durante la ejecución de la tala dirigida en bosques de altura en Villa Mills, Costa Rica, se usaron tecles y cables para cortar los árboles que estaban en posiciones muy difíciles. Una brigada de trabajo compuesta por un motosierrista y su ayudante se demoró hasta tres horas por árbol con este método. Los árboles talados de esta forma representaron sólo el 1,4% de la cosecha (Venegas y Louman 2001).

El general, el uso de tecle y cables como herramientas de apoyo en la tala dirigida es más **apropiado en áreas planas** o con pendientes suaves. En pendientes fuertes, los riesgos son mayores ya que la dirección de caída natural es pendiente abajo, la cual es más difícil de modificar especialmente en árboles de grandes dimensiones. Por otro lado, este tipo de equipo posee un límite de resistencia y ante cualquier fuerza extra, los dispositivos de seguridad (ganchos) se sueltan para evitar que el equipo se dañe.

El cable se debe colocar a $\frac{3}{4}$ partes de la altura total del árbol a derribar para que al momento de tirar con el tecle, este pueda ejercer la mayor fuerza posible. Para colocar el cable, entonces, hay que **escalar el árbol** con un equipo especial (cinturón y espolones). El sistema requiere, además, de un árbol de anclaje y otro de cambio de dirección.

El **árbol de anclaje** es el individuo donde se coloca el tecle a una altura de aproximadamente un metro del suelo. El árbol de anclaje tiene que ser firme, sano, de por lo menos del mismo diámetro del árbol al talar.

El **árbol de cambio de dirección** dirige la caída en sentido opuesto al árbol de anclaje. Para esto se coloca una polea sujeta con un cinturón a aproximadamente un metro de la base. La polea no aumenta la fuerza del tecle sino que cambia la dirección de la fuerza, ya que nunca se debe jalar hacia donde se encuentra el operario del equipo. El árbol de cambio de dirección debe ser por lo menos del mismo tamaño del árbol a talar y preferiblemente de una especie que no tenga valor comercial.

Tala dirigida

Durante la **colocación del sistema de cables** hay que seleccionar muy bien los árboles de anclaje y de cambio de dirección, identificar las zonas de peligro y de seguridad, colocar correctamente las poleas, cables y cinturones de nylon, chequear el equipo instalado y limpiar las rutas de escape. Una vez que el equipo ha sido usado, hay que arrollar bien los cables y chequear el equipo.



El árbol a derribar, junto con el árbol de anclaje y el de cambio de dirección, deben formar un **triángulo rectángulo**. Por ningún motivo el árbol a talar deberá ser dirigido hacia el árbol de cambio de dirección porque se puede dañar el equipo. Más bien, hay que dirigirlo hacia afuera del triángulo; es decir, hacia la derecha o izquierda del árbol de cambio de dirección. Por motivos de seguridad ninguna persona debe permanecer dentro del triángulo. El operario del tecle debe permanecer al lado del árbol de anclaje, fuera del triángulo y con la vista fija en la copa del árbol a talar, mientras que el motosierrista realiza los cortes en el árbol a derribar. Debe haber una buena comunicación y coordinación entre los operarios, por lo que es imprescindible que no haya obstáculos que dificulten la visibilidad entre ambos.

La distancia entre el árbol a derribar y el de anclaje varía entre 4 y 10 m, mientras que la distancia entre el árbol a derribar y el árbol de cambio de dirección deberá ser lo más grande posible para aumentar la fuerza de tracción.

En la Fig 5.18 se ilustra la instalación del equipo de tecle y el sistema de cables.

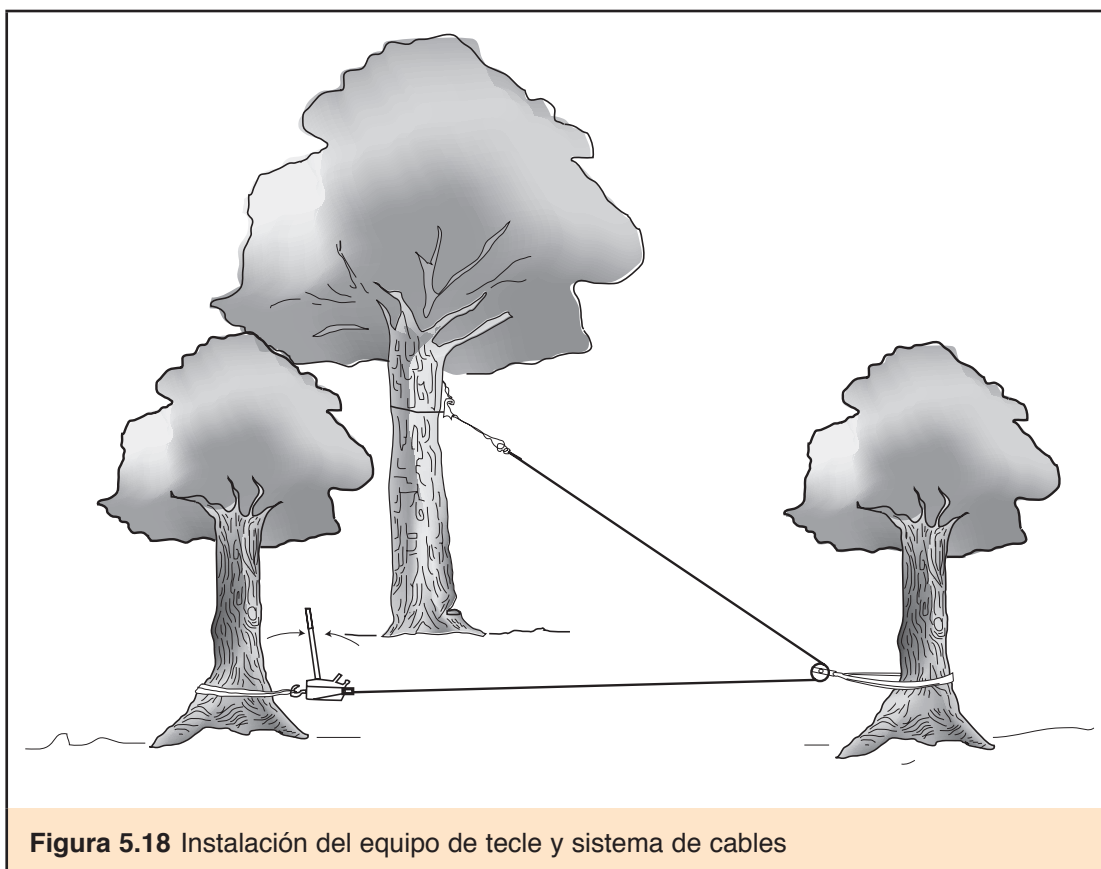


Figura 5.18 Instalación del equipo de tecle y sistema de cables



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

La polea y el tecle se sujetan a sus árboles respectivos por medio de cinturones de nylon. En el árbol a derribar se coloca un cable estrangulador de acero. Una vez instalado el equipo se debe revisar cuidadosamente el trayecto de los cables para asegurarse de que no rocen con ninguna superficie, árbol, protuberancia o piedras, ni que estén torcidos o enredados, pues tanto su capacidad de trabajo como su vida útil disminuyen. El cable debe pasar a través de la ranura de la polea de cambio de dirección; de lo contrario se puede dañar el equipo. También hay que revisar que los cinturones no tengan vueltas ni torceduras.

En el caso de **árboles atascados**, se recomienda el uso de tecle y cables para disminuir el riesgo de accidentes. Se debe buscar un árbol de anclaje y se debe tirar en línea recta. Para una mayor efectividad, es conveniente enrollar el cable alrededor del fuste con 4 o 5 vueltas para que el árbol gire en el sentido deseado y propiciar la caída. No se trata de mover el árbol sino de que gire sobre su propio eje. El árbol de anclaje debe estar lo suficientemente retirado para evitar peligros a los operarios.

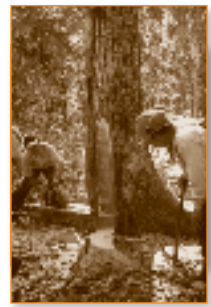
Una vez derribado el árbol, se procede a retirar los cables, cinturones y poleas. Los cables deben ser enrollados para lo cual se usa un soporte metálico en forma de estrella. Los cables son de acero con alma de plástico para que sean más flexibles. El diámetro es variable dependiendo del modelo del tecle. Cables de 1,1 cm de diámetro han dado buenos resultados en la tala de árboles de grandes dimensiones en bosques tropicales húmedos.

Como **mantenimiento**, se recomienda lavar los cables con agua y detergente antes de guardarlos. No se debe impregnar el cable con aceite o combustible pues se deteriora el alma de plástico. Los cinturones también deben lavarse con agua y detergente, tratando de sacar toda la suciedad para evitar que el equipo se deteriore; para guardarlos deben estar completamente secos. El tecle se limpia por dentro con gasolina para eliminar partículas de barro, basura y astillas de madera que puedan haber penetrado, ya que la acumulación de desechos afecta el buen funcionamiento del equipo.

5.7.2 Uso de tecle y cables forestales en el manipuleo de trozas

El tecle no sólo se utiliza para dirigir la caída de los árboles, sino que puede ser una herramienta importante para el manipuleo de las trozas; especialmente en los aprovechamientos donde el aserrío de las trozas se realiza en el sitio con motosierra de marco o sierra de viento. En Honduras, en el bosque comunal de Toncontín, se probó y adoptó el uso de este equipo para acomodar las trozas en el banco de aserrío en sitios con pendientes pronunciadas (60-70%) y en sitios planos. En ambos casos se tuvieron buenos resultados.

Manipuleo de trozas en pendientes. En estos casos, conviene trabajar a favor de la pendiente para aprovechar la fuerza de gravedad. El sistema de tecle y cables permite sujetar las tucas por el centro, lo que ofrece una mayor maniobrabilidad para moverlas con el auxilio de una palanca hacia la derecha o la izquierda. Además, el enrollado del cable en el centro por la parte superior de la troza permite bajarlas o subirlas por la pendiente. Si fuera necesario cambiar la posición del tecle, la troza debe quedar sujeta con una sogá como se hace en el manipuleo de trozas con el método tradicional en Honduras. El aserrío de trozas en pendiente debe de considerar la construcción de bancos para aserrío.



Manipuleo de trozas en sitios planos. Para desplazar la troza desde el sitio de corta hasta el banco de aserrío en sitios planos se puede utilizar el tecle con cables. Esto permite disminuir la construcción de un gran número de **bancos para aserrío**, con lo que disminuyen los daños y costos de construcción. A diferencia de los sitios con pendientes, donde las trozas se desplazan en sentido transversal, en sitios planos las trozas son jaladas desde un extremo por lo que se debe puntear con motosierra un lado de la troza para disminuir la fricción y evitar que se atasque. Las trozas de más de ocho pies y 70 cm dap son muy difíciles de desplazar, por lo que es necesario palanquear la troza por ambos lados para ayudar a su desplazamiento.

Una de las **ventajas** del sistema de tecles y cables es que este tipo de trabajo puede ser realizado por dos personas, mientras que el sistema tradicional con sogas requiere por lo menos de tres personas. El uso del tecle no causa daños a la corteza del árbol de anclaje, como sucede cuando se usan sogas, las cuales raspan la corteza y dañan el cambium. Otra de las ventajas de este sistema es la **seguridad** que ofrece a los trabajadores. Además, desde el punto de vista de gasto de energía, el esfuerzo es mucho menor con este sistema.

En esta sección hemos:

- Descrito el uso de tecle y cables durante la tala.
- Descrito el uso de tecle y cables en el manipuleo de trozas.

5.8 Seguridad laboral y capacitación

5.8.1 Medidas de precaución

La tala de árboles es una labor muy peligrosa, por lo que se tienen que seguir ciertas normas fundamentales para minimizar los riesgos de accidentes. En el capítulo 11 de esta obra (Condiciones laborales en el aprovechamiento forestal) se presenta un análisis detallado sobre seguridad laboral en las labores de aprovechamiento del bosque. En esta sección solamente incluimos algunas medidas básicas de precaución en las diferentes tareas de la tala; en Tanner (1996) se encuentra información más detallada al respecto.

El uso de la motosierra. La motosierra debe ser operada por personas con amplio conocimiento, destreza y capacitación en el manejo del equipo. Las siguientes precauciones deben tenerse en cuenta en el manejo de la máquina:

- Compruebe que el protector de mano delantero con freno de cadena y el bloqueo de aceleración de la manija trasera trabajen adecuadamente.
- No trabaje con una motosierra que esté dañada, incompleta, mal armada o con el motor mal ajustado.
- Antes de arrancar la motosierra, fíjese que la cadena esté correctamente ajustada y afilada.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- Arranque la motosierra sin la ayuda de otra persona; asegúrese de que la cadena no esté en contacto con ningún objeto.
- Asegúrese de que la cadena se pare al soltar el acelerador.
- No toque, ni trate de parar la cadena con la mano cuando la motosierra está en marcha.
- El dedo pulgar de la mano izquierda debe estar alrededor de la manija para prevenir que la motosierra se le salga de las manos en el caso de un golpe repentino de retroceso o de jalón.
- Sujete siempre la motosierra con las dos manos hasta que se detenga la cadena.
- Mantenga las manijas secas, limpias y libres de aceite o mezcla de combustible.
- No corte por encima del nivel del hombro.
- No opere la motosierra subido en un árbol, escalera o sobre cualquier otra superficie inestable.
- No trabaje con una motosierra cuando se encuentre demasiado cansado.
- Transporte la motosierra con el motor apagado y la espada hacia atrás, cubierta con una funda o un saco.
- Deje que la motosierra se enfríe durante tres minutos antes de llenar el tanque de combustible.
- No arranque la motosierra en el mismo lugar donde llenó el tanque de combustible.
- Nunca fume al reabastecer el tanque de combustible.
- Nunca trabaje con la parte del cuarto superior de la punta de la espada ya que podría suceder que la espada rebote (“patea”) al contacto con la madera y se dirija por reacción hacia la cabeza del operario en una fracción de segundo.

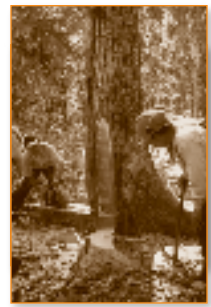
La tala de árboles. Antes de hacer cualquier corte, primero hay que planificar las labores, escoger el método de tala adecuado para las condiciones, determinar la dirección de caída y preparar correctamente los materiales que se van a emplear. Además, las siguientes precauciones deben tenerse en cuenta en la tala de árboles:

- No corte árboles si soplan vientos fuertes o variables.
- Asegúrese de que no hay personas a una distancia menor a dos veces la altura del árbol a derribar.
- Prepare la ruta de escape antes de realizar los cortes.
- Haga los cortes de la boca, bisagra y corte de caída con las proporciones indicadas.
- Use cuñas en el corte de caída tan pronto como la espada esté lo bastante profunda como para que no las dañe.
- Observe bien la copa del árbol que está cortando y las copas de los árboles vecinos para ver si hay ramas que caen, o lianas y bejucos que amarren los árboles.
- Controle el árbol para detectar posibilidades de que se raje.
- Dé un grito de alerta antes de iniciar el corte de caída y en el momento en que el árbol cae.

Árboles atascados. Esta es una tarea especialmente peligrosa, pues el árbol cortado podría resbalar, girar o caer y hacer daño al motosierrista o a su ayudante. Las principales medidas de precaución son las siguientes:

Tala dirigida

- No trabaje en un área donde es probable que caiga el árbol.
- No intente cortar el árbol de sostén.
- No intente hacer caer otro árbol sobre el árbol recostado.
- No trate de voltear el árbol con el gancho volteador hacia la dirección de caída prevista.



El descope y troceo. Casi la mitad de los accidentes con motosierra ocurren en esta etapa. Por eso, hay que tener en cuenta medidas como:

- Nunca trocee sin hacer primero el descope.
- Conserve un camino de escape abierto.
- Si el fuste está bajo tensión lateral, colóquese del lado de la zona de compresión pues hay peligro de que el árbol pueda rajarse o rebotar.
- Si por su posición el fuste pudiera rodar o resbalarse, colóquese en la parte superior de la pendiente, donde no haya peligro.
- Si por su posición el fuste pudiera rodar o resbalarse y el diámetro de la troza es mayor que el largo de la espada, corte primero el lado donde haya peligro (generalmente el lado abajo de la pendiente) y luego termine el corte de troceo por el lado arriba.

Indumentaria del operador. Se debe contar con la indumentaria básica para proteger al operador. El equipo básico consiste en casco, protector de oídos y anteojos o lentes de protección, pantalones fibrosos y botas protegidas para protección de cortes de cadena, y cualquier otro artefacto que colabore en la seguridad del operario. En el Capítulo 11 se presenta información más detallada.

5.8.2 Necesidades de capacitación

En la mayoría de los bosques tropicales no se usan prácticas de tala dirigida. En el mejor de los casos, los motosierristas hacen una rápida evaluación de los árboles y tratan de hacerlos caer en la dirección de caída natural, pero lo común es que se corten los árboles sin saber dónde van a caer. El motosierrista se sitúa en la base del árbol y cuando este hace un movimiento en cualquier dirección, se corre al lado contrario.

La forma tradicional de talar se llama ‘banquiado’ o ‘vaciado’, y consiste en introducir la motosierra en forma horizontal o inclinada a la altura de la cintura para cortar toda la madera central, aunque a veces se deja una pequeña porción en el centro. El fuste, entonces, queda pegado por los extremos superiores de las gambas (Fig. 5.19). Luego, se empieza a cortarlas, observando el movimiento del fuste y el cierre de los cortes. El árbol puede caer en cualquier dirección, aunque también puede quedar aplomado o sentado sobre el tocón y entonces hay que desgastar el fuste por todos los lados hasta que caiga. Como las gambas están unidas al tocón, la mayoría de las veces el fuste se golpea en alguna de ellas y se raja por la mitad o se desgarran a lo largo. Como se puede ver en la Fig. 5.19, la porción de madera dejada en el centro no cumple ninguna función de volteo, ya que los cortes que la unen se realizan al mismo nivel; además, no guarda ninguna proporción con respecto al diámetro del árbol ni se ubica en un lugar estratégico, a diferencia de los métodos de tala mejorados. Este listón es poco elástico y, debido al peso del árbol durante la caída, no se quiebra sino que se mantiene sujeto al tocón por la base y se desgarran en fibras largas en el interior del fuste, lo que reduce significativamente el aprovechamiento del fuste al sanear durante el troceo.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Si el árbol se encuentra muy inclinado, este se raja a todo lo largo antes de caer, debido a las fuerzas de tensión y compresión involucradas, lo que provoca la pérdida total del fuste comercial.

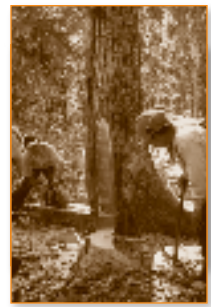


Figura 5.19 Tala tradicional de un árbol

La corta de árboles en forma tradicional -es decir, sin ningún criterio técnico- tiene muchas consecuencias negativas, tales como:

- **Aumento en el número de accidentes.** El número de accidentes en las operaciones de tala es elevado; de hecho, es una de las actividades más riesgosas, si no se toman las precauciones del caso.
- **Aumento en el costo de las operaciones extractivas.** El cortar correctamente un árbol no cuesta más. Por el contrario, las malas prácticas de tala conllevan a tiempos muertos porque la motosierra se atasca, o porque el árbol no cae en una dirección adecuada para sacarlo, o bien porque alguien sale golpeado o herido, o porque se podrían ocasionar daños o pérdida de la motosierra y otras herramientas. Todos estos factores elevan los costos de las operaciones.
- **Baja tasa de aprovechamiento.** El porcentaje de madera aprovechable por árbol talado de manera tradicional es bajo debido a la altura de corte, desperdicios por mala técnica de tala, rajaduras, quebraduras, o inclusive la pérdida del árbol completo.
- **Pérdida de madera por trozas mal cortadas.** El troceo inadecuado hace que disminuya el volumen aprovechable.
- **Ineficiencia y costos elevados de arrastre si los troncos no quedaron en una posición conveniente.** Los árboles que no quedan en dirección a las vías de arrastre requieren de más tiempo máquina y mayores esfuerzos para sacarlos.
- **Daños excesivos a la vegetación remanente y regeneración natural.** El no cambiar la dirección natural de caída de los árboles implica que estos destruirán todo lo que se encuentre en su área de impacto.

Tala dirigida



- **Daños excesivos al suelo y cursos de agua.** Los árboles talados en pendientes o cerca de cursos de agua pueden ocasionar mucho daño si se dejan caer libremente. También fustes mal preparados ocasionan daños en el suelo ya que cuando son arrastrados tienen partes irregulares que ofrecen mayor fricción y/o penetran en el suelo causando remoción y compactación.
- **Empobrecimiento de la masa remanente.** Un aprovechamiento tradicional puede ocasionar excesivos daños a la masa remanente y empobrecer la calidad del bosque pues se pierden muchos de los árboles de futura cosecha. Con ello se pone en peligro el manejo futuro del bosque.
- **Infestación de especies pioneras o plantas trepadoras.** El aprovechamiento tradicional crea claros grandes que pueden provocar un retroceso en la sucesión natural, pues las especies pioneras invaden el sitio, así como gran cantidad de lianas, que son marcadamente heliófitas.

Vale la pena, entonces, preguntarse **¿por qué no se aplican métodos mejorados de tala en las operaciones de extracción en América tropical?** Entre las principales causas detectadas están las siguientes:

- **El personal desconoce que hay formas de dirigir la caída.** La mayoría de motosierristas aprendieron el oficio con otros motosierristas, que a su vez... La mayoría de ellos no han oído hablar de técnicas adecuadas y son reacios a aceptar los cambios.
- **Forma de pago.** En la mayoría de los aprovechamientos forestales se paga a los motosierristas por número de árboles talados por día sin importar la calidad de los cortes. No existe ningún tipo de sanción por malas prácticas, ni tampoco incentivos por la adopción de medidas que mejoren el aprovechamiento del producto.
- **Mala planificación.** La mala planificación de las actividades extractivas obliga a los operadores a luchar contra el tiempo y hacer caso omiso de todas las reglas, tanto para su seguridad como para el buen estado del bosque remanente y para mejorar la productividad.
- **Falta de equipo auxiliar.** Los madereros y/o dueños de bosque no invierten en la adquisición de equipo auxiliar, como cuñas y mazos, para emplear técnicas de tala dirigida, a pesar de que su costo es bajo en comparación con las ganancias y seguridad obtenida.
- **Falta de supervisión técnica.** La mayoría de los aprovechamientos se caracterizan por la ausencia de supervisión técnica. Aún los operarios capacitados incurren en malas prácticas de tala por falta de control.

5.8.3 Contenido mínimo de una capacitación en tala dirigida

La **capacitación a motosierristas y sus ayudantes** debe iniciarse con una serie de nociones teóricas sobre la tala dirigida como herramienta para guiar la caída de los árboles con base en criterios técnicos. Además, debe recalcarse su importancia como una de las primeras operaciones en la cadena de explotación forestal y su repercusión sobre el éxito comercial de todo el sistema de aprovechamiento. La capacitación del personal incide en la buena calidad del trabajo y, por ende, en la productividad, protección del bosque remanente y seguridad de los trabajadores. También es importante discutir cómo se debe evaluar el árbol por talar y cómo definir la dirección de caída.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

El paso siguiente es la descripción de los tres elementos básicos que permiten definir y controlar la caída de un árbol: boca, bisagra y corte de caída. Con esta base se discuten los métodos de tala dirigida, con ayuda de ilustraciones en el suelo, pizarra o papelógrafo o mejor en los árboles mismos. Es conveniente resaltar detalles con diferentes colores, explicar las proporciones adecuadas y presentar los elementos involucrados en cada método desde diferentes perspectivas. Seguidamente, se debe mostrar el equipo auxiliar complementario de los métodos de tala (cuñas de aluminio y mazos) y dar detalles sobre su uso adecuado en la tala y el troceo y los cuidados que se deben tener al utilizarlos.

La finalidad es transmitir conocimientos técnico-prácticos, para aumentar el rendimiento y disminuir el desperdicio, además de eliminar peligros por accidentes durante el trabajo.

No menos importante es el tema sobre seguridad personal. El tema debe iniciarse con el examen de la motosierra: sus partes constituyentes, dispositivos de seguridad, freno de cadena, seguro para la cadena, silenciador y amortiguadores contra vibraciones; todos estos elementos son esenciales para evitar accidentes y lesiones permanentes en manos y oídos. Mediante demostración con la motosierra, se ilustran los riesgos, peligros y forma de sujetar correctamente la máquina, así como las medidas de precaución en la tala, demarcación de las zonas de caída, zonas de peligro y caminos de escape. Todo ello, convenientemente ilustrado con dibujos. También es necesario resaltar los peligros en el uso de la punta de la espada, sobre todo la cuarta parte superior durante la tala y el troceo, por el efecto del golpe de retroceso o pateo.

Se debe de dedicar tiempo a la evaluación de las zonas de compresión y tensión, tanto de los árboles en pie como en las trozas, y a las formas de mover la motosierra al realizar los cortes en uno y otro sentido para que la espada no quede prensada.

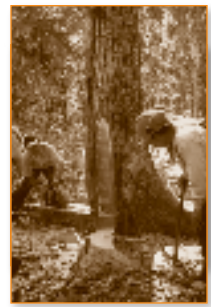
Lo ideal es contar con algún manual práctico y de fácil lectura sobre estos temas. En la región se pueden encontrar varios; por ejemplo, “*Tala dirigida con motosierra en bosques tropicales*” de Hans Tanner (1996), “*Motosierras en los bosques tropicales*” de la FAO (1980), “*La motosierra: uso y mantenimiento*” de Pekka Närkönen (1982). Cualquier documento entregado debe ser muy ilustrativo, con gran cantidad de dibujos y fotos y con textos cortos.

Esta parte teórica es la base y el punto de partida para la parte práctica en el campo, donde se comentan, practican y refuerzan todos los temas. La primera tarea en el campo es la identificación y evaluación de los árboles que se van a talar, para luego definir la dirección de caída y el método de corta más apropiado en cada caso. Los participantes, bajo la supervisión del instructor, derriban y trocean los árboles seleccionados. Algunos motosierristas tienen muchos años de trabajar en el bosque, por lo que han desarrollado habilidades importantes, pero también costumbres de trabajo inapropiadas. Durante el proceso de capacitación es necesario corregir las fallas y limitantes que cada uno tenga.

Como una forma de detectar errores cometidos durante el proceso de tala, se procede a la “evaluación de los tocones”: una vez derribado cada árbol, se observa si los resultados fueron satisfactorios, si se aplicaron las técnicas apropiadas y de la forma correcta. Esto es de suma importancia ya que es una forma de enseñanza que permite identificar y visualizar los aspectos positivos que deben ser replicados, y detectar los aspectos negativos que deben corregirse y/o mejorarse, si fuera necesario.

Tala dirigida

Uno de los objetivos primordiales de este tipo de capacitación es formar un grupo base que pueda transmitir sus conocimientos a otros trabajadores forestales (efecto multiplicador) (ver Recuadro 11.6, pag. 342). En todo proceso siempre sobresalen algunas personas con más habilidad e interés; es necesario identificarlas y darles un seguimiento adecuado para que, en un futuro cercano, puedan trabajar como capacitadores locales.



La capacitación para la ejecución de la tala dirigida incluye también el uso correcto y el mantenimiento de los equipos. Esto es de suma importancia, ya que de nada vale desarrollar modelos de aprovechamiento sostenible si al final el aprovechamiento no se ejecuta con el personal calificado y con las herramientas apropiadas que la actividad demanda. En las organizaciones comunales, se recomienda la creación de comités formados por quienes han recibido capacitación; tales comités se encargarían de velar por el **uso adecuado**, el **mantenimiento necesario** y el **almacenaje apropiado** de los equipos de tala. Estos cuidados influyen directamente en la vida útil de los equipos, ya que evitan el deterioro de la motosierra y otros accesorios que, con el uso, barro y aserrín acumulados se deterioran rápidamente. En algunos casos, la inversión se pierde antes de recuperarse con las ganancias.

En las tardes, luego del trabajo en el bosque, se deben realizar prácticas de mantenimiento diario y semanal. Hay que resaltar la importancia del mantenimiento en el buen estado y funcionamiento de los equipos. En esta etapa de la capacitación se deben contemplar los siguientes temas: limpieza general diaria, afilado de la cadena, limpieza del filtro de aire, limpieza y calibración de la bujía, limpieza de la cadena, engrase del rol de agujas, revisión del piñón de la cadena, limpieza del carburador, limpieza y mantenimiento de la espada, socado de tornillos, colocación y tensado de la cadena. De suma importancia también son las indicaciones sobre la adquisición de herramientas y repuestos básicos.

El hecho de haber recibido un curso de este tipo no asegura, sin embargo, que los capacitados hayan asimilado y adquirido de manera definitiva los conocimientos y las habilidades requeridas para operar como motosierristas u obreros forestales. Para lograr esto se necesitan varios cursos de refrescamiento, hasta que se adquiera el hábito de hacer las cosas mejor.

Los cursos deben de ser en su mayor parte prácticos, que respondan al lema de "aprender haciendo".

5.8.4 Comentarios de personas que recibieron capacitación

Los taladores que han recibido algún tipo de capacitación práctica en técnicas mejoradas de tala han quedado sorprendidos con lo sencillo y útil de la técnica y el peligro al que han estado expuestos. Es común que al inicio de las capacitaciones existan dudas que se reflejan en manifestaciones tales como:

- *A mí qué me van a enseñar, si yo vengo cortando madera desde hace más de 15 años...*
- *Yo estoy para dar clases, no para recibirlas...*
- *Si el árbol está muy inclinado, no se puede desviar la dirección de caída...*

Sin embargo, después de una o dos semanas de entrenamiento, los comentarios más comunes son:



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- *Nunca antes había visto estos tipos de corte o métodos de tala. Ya lo había oído, pero nunca lo había visto...*
- *Ahora me doy cuenta lo cerca que he estado de la muerte...*
- *Es increíble, se puede ver que se puede llevar el árbol donde uno quiere con mucho control...*
- *Esta técnica da menos cansancio y es más segura...*
- *Ahora es más fácil, se gasta menos combustible...*
- *Como dueño de bosque, esta técnica me conviene porque se aprovecha más cantidad de madera al desgarnar los árboles y trabajar lo más bajo posible, además los árboles no se rajan cuando caen...*

En esta sección hemos:

- Presentado las principales medidas de precaución en el trabajo forestal.
 - Uso de la motosierra
 - La tala de árboles
 - Árboles atascados
 - El descope y el troceo
- Descrito la forma tradicional de tala en el neotrópico y las consecuencias negativas que conlleva.
- Discutido las necesidades de capacitación en cuanto a tala dirigida.
- Definido los contenidos mínimos que tal capacitación debe cubrir.

5.9 Bibliografía

- Carrera, F. 1993. Rendimientos y costos de las operaciones iniciales de manejo en un bosque primario de la zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 90 p.
- Dykstra, D; Heinrich, R. 1996. Código modelo de prácticas de aprovechamiento de la FAO. Roma. IT. 85 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1980. Motosierras en los bosques tropicales. Programa Cooperativo FAO/ Noruega: TF/INT 283 (NOR). 96 p.
- Frisk, T; Campos, R. 1979. Manual de motosierras. Proyecto PNUD/FAO/78/003 "Mejoramiento de los sistemas de extracción y transformación forestal". Lima, Perú. 143 p.
- Henderson, J. 1990. Damage-controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname. The Netherlands, Agricultural University Wageningen. 204 p.
- Närkönen, P. 1982. La Motosierra - Uso y Mantenimiento. Asociación Forestal Nacional Sueca. 65 p.
- Quirós, D. 2001. Tratamientos silviculturales. In Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. eds. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, CR, CATIE. p. 131-153. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 46).
- _____; Gómez, M. 1998. Manejo sustentable de un bosque primario intervenido en la Zona Atlántica Norte de Costa Rica. Análisis financiero. Turrialba, CR, CATIE. 22 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 303).
- Rodas, A. 2002. Rendimientos y costos durante la ejecución del POA 2001 de la Concesión de San Andrés. Tesis Ingeniería Forestal. Petén, Guatemala, CUDEP. sp.
- Tanner, H. 1996. Tala dirigida con motosierra en bosques tropicales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 187 p. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 23).
- Venegas, G; Louman, B. 2001. Aprovechamiento con tratamiento silvicultural de impacto reducido en un bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 55 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 325).



Capítulo 6

Las operaciones de saca

- 6.1 Introducción
 - 6.1.1 Definición
 - 6.1.2 Importancia de las operaciones
- 6.2 Factores a considerar en la selección del método de saca
 - 6.2.1 Recursos disponibles
 - 6.2.2 Tamaño del producto
 - 6.2.3 Producción requerida
 - 6.2.4 Volumen por hectárea
 - 6.2.5 Estabilidad de la operación
 - 6.2.6 Condiciones del sitio
- 6.3 Organización de las operaciones de saca
 - 6.3.1 Extracción en una fase
 - 6.3.2 Extracción en dos o más fases
 - 6.3.3 Uso de cable o wincheo
- 6.4 Métodos utilizados en América Central
 - 6.4.1 Métodos mecanizados
 - 6.4.2 Métodos no mecanizados
 - 6.4.3 Otros métodos potenciales
- 6.5 Bibliografía

Bastiaan Louman
David Quirós
Marvin Castillo
Fernando Carrera

La saca es el proceso de transporte de los fustes o trozas desde la zona de corta hasta un cargadero o un apartadero. En Centroamérica se le conoce como arrastre menor o arrastre.

6.1 Introducción

Las operaciones de saca son las que mejor definen el carácter de los diferentes sistemas de aprovechamiento en América Central y en los trópicos en general. Pero, además, son las que menos se logran controlar durante la ejecución del aprovechamiento; en particular, en las operaciones de saca mecanizada terrestre ejecutadas mediante contratación de personas ajenas a la Unidad de Manejo Forestal o a la empresa compradora de la madera. En este capítulo nos proponemos brindar la información y metodología necesarias para ayudar al técnico encargado de las operaciones forestales a planificar y supervisar las operaciones de saca, y a seleccionar la maquinaria, el equipo y al personal más apropiado para estas operaciones bajo las condiciones locales. Con este fin, primero se definen las operaciones y su importancia para el aprovechamiento; después, se analizan los factores más importantes para escoger los métodos de extracción y arrastre más apropiados y se describe la organización de la saca. El capítulo termina con ejemplos de métodos aplicados en América Central, analizando sus ventajas y desventajas.



6.1.1 Definición

Para referirse a la saca de madera desde el bosque, en América Central se emplean términos como extracción, transporte menor o arrastre; este último término se refiere más al traslado de la troza o fuste, arrastrado por el suelo mediante tracción mecánica o animal. En muchos casos se utilizan sistemas que involucran el procesamiento primario *in situ*, por lo que el traslado de la madera se realiza con carretas o plataformas; en otros casos (particularmente pinares) se utilizan cables aéreos, y entonces la madera no es arrastrada por el suelo; por eso, el término arrastre no cumple satisfactoriamente con la idea del transporte que se quiere tratar en este capítulo. En consecuencia, usaremos los términos ‘**saca**’ –de acuerdo con el código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO– y ‘**extracción**’, que es más común en América Central y tiene la misma connotación.

Existen varios métodos de saca de madera; en algunas partes aún sacan la madera al hombro, pero en América Central por lo general se usan animales (bueyes y mulas, con o sin carretas) y tractores de diferentes tipos (agrícolas, articulados o de orugas). El uso de cables aéreos no es muy común en los bosques latifoliados de la región, ni el uso de helicópteros o globos. Sin embargo, son alternativas con mucho potencial para reducir los impactos ambientales y se discutirán brevemente en la sección sobre selección de métodos de extracción.

La materia prima que se extrae pueden ser trozas, fustes completos, residuos y madera procesada en bloques o hasta en tablas de diverso espesor, ancho y largo. La forma en que se extrae la materia prima depende de los objetivos de la operación, e influye (o es influida) por el sistema de saca empleado.

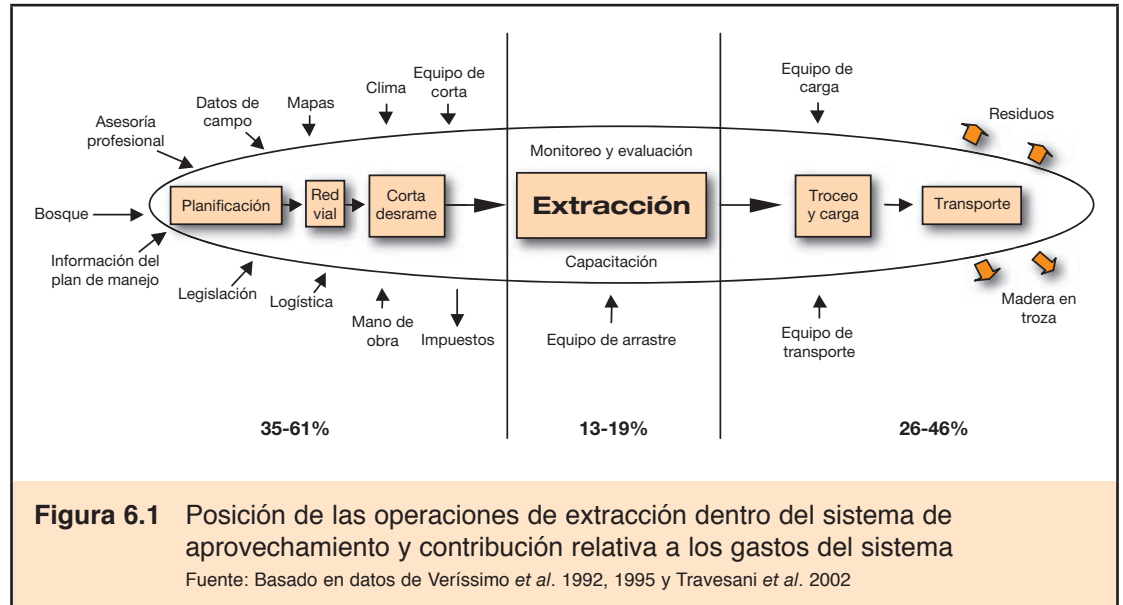
En síntesis, cualquiera que sea el método que se utilice, el objetivo de la extracción, saca o transporte menor es poner la madera en un patio, desde donde es cargada para ser transportada a un punto de procesamiento industrial u otro destino final.

“La saca es el proceso de transporte de los árboles o rollizos desde la zona de corta hasta un cargadero o un apartadero en la carretera, donde serán convertidos en trozas o apilados juntos a otros árboles para su transporte a la fábrica de elaboración o hacia otro destino final” (Dykstra y Heinrich 1996, p.29).



6.1.2 Importancia de las operaciones

La operación de extracción es un eslabón esencial del sistema de aprovechamiento (Fig. 6.1) y responde por el 13 - 19% de los gastos. La extracción depende de las operaciones anteriores, pero también influye en ellas y en las operaciones posteriores de carga y transporte.



La operación de saca a menudo es el cuello de botella en los sistemas de aprovechamiento más comunes en América tropical, ya que muchos dependen de la extracción mecanizada por tierra que sólo se puede realizar durante la época seca. Esta época varía desde dos a tres meses en Panamá, Costa Rica y sur de Nicaragua hasta seis meses en Guatemala. Además, con frecuencia se utiliza maquinaria que ya ha sobrepasado su vida útil, por lo que se requieren muchos esfuerzos financieros y tiempo para mantenerla en servicio. Si hay demoras en la extracción, particularmente en el sur de la región, con frecuencia no se logra sacar toda la madera cortada, lo que causa demoras en la transformación y deterioro de la madera cortada que quedó en el bosque. Las pérdidas financieras pueden ser grandes.

Es importante, entonces, que los caminos y pistas se construyan en función del método de arrastre que se va a utilizar y que los árboles se talen de manera que caigan en la mejor posición para su extracción. También es importante que la tala se organice de forma que la extracción pueda hacerse de manera continua durante todo el periodo seco, y que el equipo de extracción (sean animales o maquinaria) esté listo para el trabajo: con buena salud y/o con buen mantenimiento.

Estas consideraciones siempre son importantes, pero su relevancia es mayor en operaciones de gran escala y/o alta intensidad, donde las cantidades de madera que no llegan a su destino pueden ser muy grandes.

Las operaciones de saca

Otra consideración relevante sobre la importancia del transporte menor es el impacto que causa en el ambiente, ya que generalmente la construcción de caminos y pistas de extracción y el arrastre provocan movimientos de tierra, remoción y compactación del suelo y alteración de la vegetación (ver Bruijnzeel y Critchley 1994, Dykstra y Heinrich 1996 y Capítulo 12 de este libro).

Una buena planificación de las pistas de arrastre principales, así como una buena ejecución del arrastre, con un uso adecuado de la pala y del *winche*, permiten disminuir el nivel del impacto. Un descuido en la planificación y una ejecución deficiente son factores que pueden causar graves daños a la vegetación remanente y a los cursos de agua en el área.

El uso de métodos de arrastre no mecanizados disminuye el impacto de la operación, pero su baja producción y la susceptibilidad a condiciones de peso de la carga y condiciones de sitio limitan su uso en operaciones que requieren el movimiento de altos volúmenes de madera en troza.



Las operaciones de saca deben ser cuidadosamente planificadas para causar un impacto mínimo a los ecosistemas y lograr una producción máxima en el tiempo disponible.

En esta sección hemos:

- Definido el término saca o extracción.
- Mencionado los métodos de extracción utilizados en América Central.
- Resaltado la importancia de la operación de extracción dentro del sistema de aprovechamiento.

6.2 Factores a considerar en la selección del método de saca

La selección del método de arrastre que se utilice en un sistema de aprovechamiento forestal de bosques tropicales depende del análisis y conjugación de una serie de factores, cada uno de los cuales tendrá un mayor o menor peso según los objetivos de la operación. Los objetivos que deben cumplirse en la operación de extracción, según Dykstra y Heinrich (1996, p 29), son los siguientes:

- Lograr la mayor productividad posible en el proceso de extracción.
- Garantizar la seguridad de los equipos de extracción y del personal que trabaja en zonas contiguas.
- Provocar un mínimo de compactación y alteración del suelo ocasionadas por las operaciones de saca.
- Causar el menor daño posible a los cursos de agua dentro de la unidad de corta o en sus proximidades; particularmente los que fluyen durante todo el año o abastecen de agua a poblaciones aledañas.
- Causar un daño mínimo a los árboles que quedan en pie y a la regeneración natural, especialmente los que se considera que serán aprovechados en el futuro.
- Conducir al cargadero todas las trozas habilitadas para su extracción, sin merma importante de volúmenes ni deterioro significativo de la calidad.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

A continuación se mencionan los factores más importantes que se deben considerar en la selección del método de extracción.

6.2.1 Recursos disponibles

El aprovechamiento de madera en general debe estar enmarcado dentro del proceso de manejo del bosque, sea a largo o corto plazo¹. Una de las principales bases para la toma de decisiones dentro de este proceso es la disponibilidad de recursos humanos y financieros para implementar el manejo. Esta disponibilidad se debe analizar para todo el periodo de planificación. Así, por ejemplo, no es suficiente con tener los fondos para invertir en equipo de extracción; también se debe contar con recursos para su mantenimiento, reparaciones y otros costos de operación (pago de mano de obra, combustible, lubricantes). La relación entre escala de operación y necesidades de recursos se muestra en el Cuadro 3.1 del Capítulo 3.

En las economías centroamericanas, las empresas dedicadas al aprovechamiento de bosques tropicales por lo general son de tamaño pequeño y mediano. Esto significa que tienen poco dinero disponible para la inversión inicial y las operaciones e, igualmente, esperan ingresos limitados por la venta de madera. La disponibilidad de personal capacitado es reducida, y si desean utilizar métodos de extracción ecológicamente aceptables, dependen de la disponibilidad de maquinaria apropiada en el momento que se la requiere.

Esto último no siempre ocurre, ya que muchas empresas no tienen su propio equipo y deben alquilarlo. Con épocas secas tan cortas, la competencia entre las empresas para obtener el mejor equipo es grande y muchas veces tienen que aceptar lo que ofrecen los operadores de la maquinaria. Ya que estas también son empresas pequeñas y medianas, y que el trabajo de extracción de madera forma parte de su portafolio de actividades, tienen la tendencia a adquirir maquinaria o animales de uso múltiple (tractores de orugas, bueyes), que no necesariamente son los que mejor cumplen con las funciones requeridas para el aprovechamiento de madera. Otro factor que incide en la planificación de la extracción es la antigüedad de los equipos usados en la región, cuya vida útil ya se ha cumplido, lo que obviamente provoca mayores pérdidas de tiempo y desgaste.

Las operaciones de extracción deben planificarse con base en los recursos con que se cuente.

En la práctica, la mayoría de las operaciones empresariales deben planificar sus actividades de extracción de acuerdo con la maquinaria y equipo de que se dispone. En otras palabras, la maquinaria se convierte en uno de los recursos de disponibilidad limitada; lo que quiere decir que si se dispone, por ejemplo, de un tractor de orugas no se debe planificar un sistema de extracción que requiere cubrir distancias largas entre tocón y patio de arrastre, porque aunque el tractor es potente, también es lento y demoraría mucho tiempo en cubrir estas distancias. Por otro lado, con un tractor articulado, o *skidder*, sí se pueden cubrir largas distancias, pero es más difícil abrir el bosque para sus pistas de arrastre y es menos hábil en áreas con pendientes pues su potencia es menor que la del tractor de orugas (ver Cuadro 6.1). Igualmente, los animales brindan una mayor productividad bajo ciertas condiciones (Cuadro 6.2).

¹ Por ejemplo, aprovechamiento en fincas privadas con áreas de bosque remanente y/o bosque secundario, para los cuales existen métodos de planificación más sencillos y con plazos más cortos (1 a 5 años).

Las operaciones de saca



Cuadro 6.1 Características de la maquinaria utilizada para la extracción de madera en América Central			
Variable	Skidder (Cat 528)	Tractor de orugas (D6H)	Tractor agrícola (p.ej Valmer)
Para trabajo forestal	Especializados	Multi-funcional	Requieren adaptación
Ancho	Estrecho	Ancho	Mediano
Pala	Pequeña (2,3 m)	Mediana (3,2-4,2 m)	Generalmente no tiene
Arco integral	Generalmente estándar	Generalmente no conviene	Generalmente no tiene
Winche	Generalmente estándar	Adaptable	Generalmente no tiene
Reparto de peso	1/3 en la parte trasera	Distribución uniforme	1/3 en la parte delantera
Peso por cm cuadrado	Variable, según ancho de ruedas	Menor que el <i>skidder</i> según ancho zapatas	Relativamente alto
Tipo de terreno	Ondulado, hasta 30% Pocos obstáculos Requiere de llantas anchas para terrenos húmedos	Hasta 100% de pendiente ² Terrenos accidentados y húmedos	Plano a ondulado Terrenos secos
Potencia de volante	118-145 kW	123-134 kW	n.d.
Carga ¹	Árboles medianos	Árboles grandes	Árboles pequeños
Velocidad máxima	25 km/h	11 km/h	n.d.
Distancia máxima	2,5 km	1 km ³	n.d.
Maniobrabilidad	Grande	Media	Media
Costo de inversión	Alto	Muy alto	Mediano
Costo de operación	Alto	Alto	Bajo a mediano
Seguridad	Alta	Alta, si se opera con cuidado (capacitación)	Baja sin adaptaciones especiales
Uso en suelos compactables	No usar o usar con ruedas anchas o doble rueda	Usar con suspensión mediante barras de torsión	No usar, aunque causa menos compactación que el <i>skidder</i> con ruedas normales ⁴

¹ A mediana velocidad

² Según fábrica (Caterpillar 1994); sin embargo, Conway (1982) indica que es posible hasta 50%

³ Distancia óptima de arrastre hasta 200 m (Conway 1982)

⁴ Migunga (1996)

Fuente: (Adaptado de Anaya y Christiansen 1986, Caterpillar 1994, Conway 1982, Dykstra y Heinrich 1996, Sessions y Heinrich 1993).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Cuadro 6.2 Características de los animales empleados en la extracción de madera en América Central

Características	Bueyes	Mulas
Vida útil	10 años ⁽¹⁾	10 a 15 años ⁽¹⁾
Peso	500 kg ⁽¹⁾	s.d.
Distancia óptima	Hasta 200 m ^(2;3) o 300 m ⁽⁴⁾	140 m ⁽²⁾ o varios km ⁽⁵⁾
Carga	Hasta 0,7 m ³ /yunta ^(3;4)	0,2 m ³ ⁽²⁾ o 40 pt ⁽⁵⁾
Pendiente a favor	Hasta 35% ² o 45% ⁽¹⁾	Hasta 30% ⁽²⁾
Pendiente en contra	Hasta 20% ⁽²⁾	Hasta 17% ⁽²⁾
Velocidad	2,5 km/h ⁽¹⁾	Más rápido que los bueyes
Peso por cm ²	Mayor a maquinaria ⁽⁴⁾	
Costo de inversión	5% de maquinaria ⁽⁴⁾	
Costo de operación	5% de maquinaria ⁽⁴⁾	
Versatilidad	Alta, productos y trabajos diferentes ^(3;4)	
Mejora el rendimiento	Con arcos, carretas, caminos limpios de desechos y piedras ⁽³⁾	Senderos limpios, bien drenados, poca pendiente

⁽¹⁾ Anaya y Christiansen 1986

⁽²⁾ Sessions y Heinrich 1993

⁽³⁾ Cordero y Howard 1996

⁽⁴⁾ Cordero 1989

⁽⁵⁾ Carga alzada en el lomo, pendiente abajo, en Honduras

Si los recursos lo permiten, se puede utilizar la información de los cuadros (6.1 y 6.2) para seleccionar el equipo más apropiado en las condiciones actuales de la unidad de manejo forestal, tomando en cuenta los objetivos mencionados y los factores de producción requerida, estabilidad de la operación y condiciones de sitio discutidos en las secciones siguientes.

Por ejemplo, con el fin de aumentar la productividad y reducir costos se deberían considerar las siguientes **variables en la selección de la maquinaria** más apropiada (Conway 1982): distancia de arrastre, número de trozas que completan una carga, pendiente, distancia entre árboles a aprovechar, densidad del sotobosque y tipo de suelo. De estas variables, la distancia de arrastre es la que más afecta la productividad y los costos según estudios hechos en Costa Rica (Rodríguez y Louman 1997, Obando 1997) y en Nicaragua (Sabogal *et al.* 2001). La distancia de arrastre es la variable que más afecta la productividad cuando se usa tractor de orugas; la pendiente al tractor agrícola (también limitado por el tamaño menor de las piezas que puede arrastrar) y los suelos al *skidder*.

La decisión de emplear **animales de tracción** para las operaciones de saca generalmente se basa en la poca disponibilidad de fondos -aunque la necesidad de reducir los impactos sobre el ambiente también puede tener un papel importante en esta decisión. En la costa Atlántica norte de Honduras, por ejemplo, se manejan bosques con pendientes muy fuertes, por lo que la maquinaria no puede, ni debe, entrar en estos sitios. Los grupos agroforestales responsables del manejo tampoco cuentan con los recursos para comprar maquinaria; por eso, utilizan personas para la extracción de madera en forma semi-aserrada hasta el patio y mulas para el transporte hasta la comunidad.

Las operaciones de saca

En general, el empleo de tracción animal tiene ciertas desventajas, ya que su capacidad de arrastre es mucho menor en comparación con las máquinas, y las distancia de arrastre y tamaño de las cargas son limitadas, más todavía en terrenos con pendientes (Cuadros 6.1 y 6.2). Por cada grado porcentual de pendiente en contra, los bueyes y las mulas pierden aproximadamente un 2,5% de su capacidad de carga (Sessions y Heinrich 1993). Cuando se trata del aprovechamiento de árboles grandes, los fustes se pueden trocear o partir en el sitio, ajustando el tamaño de las trozas a la capacidad de carga de los animales.

En Centroamérica, los bueyes y las mulas son los animales más usados en el trabajo forestal. En Costa Rica, los bueyes se usan principalmente para la extracción en plantaciones y, en menor escala, en bosques naturales; también se emplean para el arrastre en operaciones locales y arrastre de leña, postes y desperdicios que permiten aumentar el rendimiento del bosque (Cordero y Howard 1996). En un bosque natural con pendiente promedio de 15% y aprovechando árboles grandes, los mismos autores determinaron que el costo por metro cúbico de arrastre con bueyes fue de US\$3,85 y US\$3,33 con tractor, aunque el terreno y los tamaños de las trozas no eran los más aptos para el arrastre con bueyes.

Las mayores ventajas del uso de animales de tiro son su baja necesidad de capital de inversión, su adaptabilidad, y la escala pequeña en la cual generalmente se usan los animales, lo que resulta en impactos al bosque muy localizados.

6.2.2 Tamaño del producto

El tipo de extracción que se emplee depende también del tamaño del producto, aunque esto a su vez se relaciona con la disponibilidad de recursos y las condiciones del sitio. Muchos grupos comunitarios, por ejemplo, venden su madera en pie y los fustes se extraen enteros y en forma mecanizada. En algunos casos, tratan de captar un mayor valor por unidad de madera, por lo que utilizan maquinaria sencilla para hacer una primera transformación en el bosque y extraer la madera en forma de tablas y bloques.

El tamaño del producto que sale del bosque depende también de la demanda, e influye en las alternativas de transporte mayor. Lo más común en América Central es la extracción de fustes enteros o trozas largas y/o gruesas, que requieren el uso de maquinaria pesada. Las comunidades, sin embargo, a menudo no tienen acceso a la maquinaria y dependen de la extracción con animales. Lo importante es que se escoja el método de extracción más apropiado para el tipo de producto. Por ejemplo, el uso de equipo pesado para extraer trozas o fustes pequeños resulta en poco volumen por viaje de extracción; en consecuencia, la operación es ineficiente porque el costo de mantener y operar la maquinaria no es proporcional al beneficio que una carga pequeña genera.



El tamaño del producto se determina en función de los equipos disponibles para la extracción y la demanda.



6.2.3 Producción requerida

El plan general de manejo, o cualquier otra herramienta de planificación de nivel superior, debe incluir una **expectativa de producción** de la cual se deriva la meta de aprovechamiento anual. En este tipo de planificación es importante tomar en cuenta el potencial de producción del bosque, tanto como el potencial productivo de la unidad económica responsable del aprovechamiento, las posibilidades de mercadear los productos y las necesidades de la planta procesadora propietaria de los derechos de uso de la madera. Una vez que se ha definido la producción idónea para la unidad de manejo (en cantidad, tipo y calidad) se debe asegurar que el equipo de extracción sea el apropiado para el nivel y tipo de producción.

Una operación que requiere una alta producción diaria será mejor servida con máquinas, que son más potentes, rápidas y versátiles; pero si la operación lo que requiere es movilizar pequeñas cantidades por semana o por mes, los métodos con fuerza animal o equipo sencillo son la mejor alternativa.

Para conocer las posibilidades reales de lograr el objetivo de producción, es necesario relacionar la producción esperada por día con la capacidad de producción de la máquina. Por ejemplo, una compañía maderera requiere extraer 330 m³ de madera por día (10.000 m³/mes) para cumplir con sus obligaciones. Como equipo, tienen un tractor que puede alcanzar una producción máxima de 8 m³/hora; por lo tanto, se necesitarán 41 horas de trabajo diario para cumplir con la meta. Como se ve, tal situación es totalmente imposible e irreal con un solo tractor. En días normales, en los trópicos se tienen hasta seis horas de trabajo efectivo de los tractores, pero muchas veces es menos (ver FAO 1974).

Si se contrata más maquinaria para aumentar la producción diaria, aumenta también el impacto en el bosque por lo que la mejor decisión será, en muchos casos, revisar la información cartográfica para determinar varios frentes de aprovechamiento simultáneo, de manera que se pueda incorporar más maquinaria a la operación sin aumentar el impacto. Las operaciones que se ejecutan con una gran presión por lograr una producción muy alta, generalmente causan grandes daños al bosque y presentan mayor riesgo de accidentes graves.

En América Central, con frecuencia se dan situaciones como la citada. Por ejemplo, la empresa maderera PRADA S.A. que elabora plywood en la Región Autónoma Atlántica Norte (RAAN) de Nicaragua requiere de al menos 15.000 m³ de madera al año para abastecer su planta; por ello, su método de extracción debe ser totalmente diferente al que usan de manera artesanal los dueños de bosque y particulares que trabajan con la madera en la misma región. En Honduras existen planes de manejo que proyectan producciones anuales de más de 2000 m³ de madera en rollo con el equipo disponible². En la realidad, se puede aprovechar y aserrar en el sitio un máximo de 400 m³/año (2 m³/día, 200 días por año). Muchas veces se alcanza y hasta se supera esta producción diaria, pero el promedio es menor (Posas 1998) y tampoco se logra trabajar 200 días por año. Además, para transportar una producción de 2000 m³/año (unos 420.000 pies tableros en tablas y bloques) habría que hacer unos 10.500 viajes de mula (Cuadro 6.2) por año, 52 viajes diarios si se trabajara 200 días al año. Aún si se tuvieran varios equipos de motosierra con marco, es dudoso que con solo mulas se pueda transportar el producto a las comunidades para su comercialización³.

² Motosierra con marco para aserrar en sitio; hombro y mula para transportar la madera

³ En Honduras se estima que cada mula logra hacer un viaje de ida y regreso al día, ya que los sitios de aprovechamiento se encuentran a menudo de 2 a 5 horas desde las comunidades



En el ejemplo anterior, lo prudente es –y en la práctica se aplica– ajustar la producción a la capacidad de los grupos responsables del aprovechamiento. Legalmente, la Administración Forestal del Estado ha establecido un límite por grupo de 200 m³/año, muy bajo para el potencial de los bosques de las unidades de manejo con superficies mayores a 400 ha, pero que concuerda más o menos con la capacidad de un equipo de motosierra con marco utilizado durante 100 días al año.

6.2.4 Volumen por hectárea

Aunque los métodos o tipos de extracción se aplican en bosques muy diferentes en cuanto al volumen disponible por hectárea, el uso de maquinaria, en particular del tractor articulado, permite una extracción más eficiente en bosques con poca madera por hectárea, sin la necesidad de construir muchos caminos para el transporte mayor. Por otro lado, los bosques con mucho volumen por hectárea permiten una mayor inversión en caminos y menores distancias de extracción. Esto favorece el uso de maquinaria y de animales.

6.2.5 Estabilidad de la operación

Las empresas que operan durante la mayor parte del año tienen mayores posibilidades de invertir en maquinaria adecuada que las unidades económicas que solo realizan operaciones temporales en bosques de poca extensión. En Costa Rica, por ejemplo, la mayoría de las empresas madereras son pequeñas, trabajan en el bosque durante la época seca y en la época lluviosa reparan o alquilan su equipo (generalmente un tractor de orugas). La situación es diferente en las grandes o medianas concesiones, como las de El Petén, Guatemala, en donde se hace realmente necesario contar con un buen número de máquinas propias para no pagar alquiler y disponer de ellas en cualquier momento o época.

Esta situación puede mejorar en las unidades económicas más grandes con acceso a un bosque grande o varios bosques de menor tamaño. En estos casos es posible identificar áreas con precipitación menor, donde se podría trabajar por lo menos durante algunos meses de la época lluviosa. El aprovechamiento debe planificarse de tal forma que el área de corta anual se divida en dos partes: una que sólo se puede aprovechar durante la época seca y otra donde se trabaja en la época de lluvia. De esta forma, aumenta el número de días trabajados por la maquinaria.

Otro método que permite **aumentar el número de días trabajados** es adaptar el sistema de aprovechamiento a condiciones húmedas: crear una red vial permanente y utilizar cables largos para extraer la madera hasta los caminos. La empresa Portico en Costa Rica ha empleado este sistema, jalando troncos con cables en distancias de hasta 200 m sobre áreas parcial o totalmente anegadas (Solano, com. pers.⁴).

⁴ G. Solano. Director de Operaciones. FUNDECOR/PORTICO, Guápiles, Costa Rica. Agosto 2002



6.2.6 Condiciones de sitio

Cuando se tiene la posibilidad de escoger una tecnología para realizar la extracción, es importante conocer las condiciones del sitio donde se va a trabajar; específicamente, el valor y sentido de la pendiente y la forma del terreno. Es importante determinar antes las distancias promedio para el transporte menor en los mapas de aprovechamiento, ya que de ellas depende el método a utilizar.

Un ejemplo típico que ilustra lo anterior se da en Toncontín, Honduras, en un bosque comunitario cuyo acceso (5-6 km) es a través de caminos de mula y topografía accidentada a una altura de 600-800 msnm. Los recursos disponibles no permiten construir un camino convencional para todo tipo de vehículo. Además, la producción es poca y variable -alrededor de 200 m³/año- por eso, el aserrío se hace *in situ* con motosierra con marco. Para la extracción se emplea fuerza humana complementada con mulas. La producción diaria es de menos de 2 m³ y se hacen hasta 20 viajes diarios entre la comunidad y el patio de acopio.

Otro ejemplo se da en la zona atlántica norte de Costa Rica, con condiciones de mucha humedad. Se ha experimentado con tractores de orugas muy anchas para reducir la presión por centímetro cuadrado sobre el terreno, pero al final se decidió usar cables interconectados con un largo de 200 m.

También en Costa Rica, se hizo un estudio de pre-factibilidad para el uso de cables aéreos en el bosque nublado montañoso de la Cordillera de Talamanca. Sin embargo, la inversión inicial era demasiada alta para las comunidades, aunque su uso era técnica y económicamente factible a partir de una producción de 30 m³/ha de madera para aserrío y un volumen similar de leña (Frutig 1993), lo cual era menor a la posibilidad silvícola calculada (Venegas y Louman 2001). La idea fue desechada ya que su empleo requiere personal bien capacitado y no se recomienda para bosques montañosos por las necesidades de conservación y protección de fuentes de agua (Alfaro y Aus der Beek 1994).

En la misma área, y aproximadamente el mismo tiempo, se realizó un tratamiento silvicultural de mejoramiento para favorecer a los mejores árboles por medio de la eliminación de la competencia. Este tratamiento evidenció la importancia de seleccionar el equipo apropiado para las condiciones locales: la productividad del tractor de orugas fue mucho mayor que la de un tractor articulado bajo condiciones de pendientes y distancias cortas (<300 m) (Venegas y Louman 2001). El uso de bueyes para la extracción de trozas solo fue factible con dimensiones pequeñas (<1 m³) y en sitios relativamente planos. En sitios con mayor pendiente, el uso de tecles, cables y sistemas de poleas fue necesario para facilitar el trabajo de los bueyes (Venegas y Tanner 1991). En este sitio no se experimentó con aserrío *in situ* y extracción de tablas o bloques.

En San Miguel La Palotada, Petén, Guatemala, en sitios relativamente secos y planos, sí se ha trabajado con bueyes y carretas con resultados satisfactorios, aunque no se han hecho estudios de productividad (Carrera y Pinelo 1995).



En esta sección hemos:

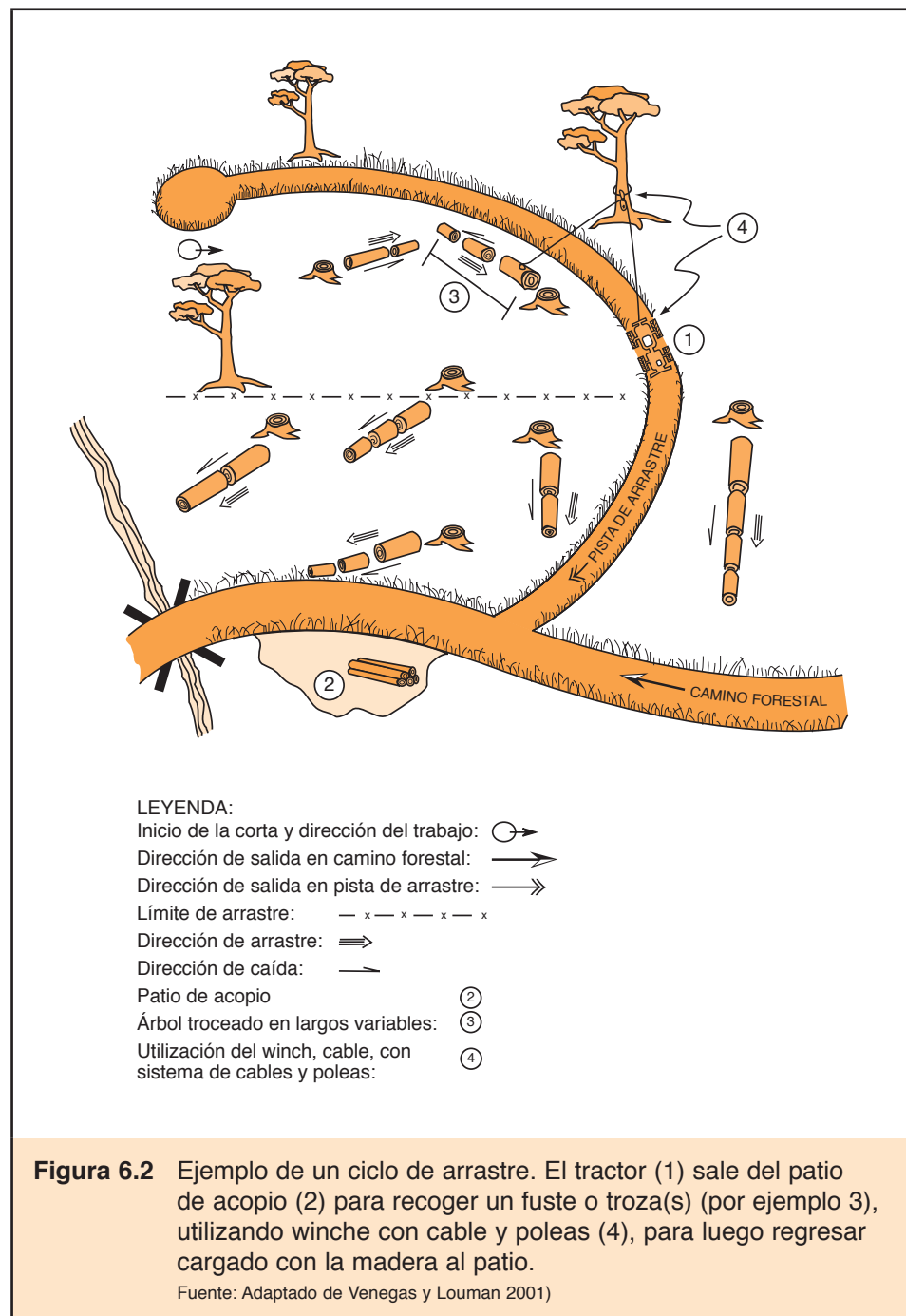
- Mencionado los objetivos a cumplir en la operación de extracción.
- Presentado los factores más importantes considerados en la selección del método de extracción:
 - Disponibilidad de recursos
 - Tamaño del producto
 - Producción requerida
 - Volumen por hectárea
 - Estabilidad de la operación
 - Condiciones del sitio

6.3 Organización de las operaciones de saca

Como ya se dijo, la etapa de transporte menor es de vital importancia en el sistema de aprovechamiento, independientemente de la escala o la dimensión de la operación. En general, la saca es una operación sencilla: empieza en un patio de acopio desde donde la maquinaria o animal va vacío al sitio de la tala, recoge la madera y regresa al punto de partida (Fig. 6.2). Esta operación consiste de cinco **componentes**: 1) La ida al sitio de tala, generalmente sobre una vía de arrastre ya preparada, aunque a veces hay que abrirse camino a través del bosque. 2) La recolección de las trozas y/o preparación de las mismas para el arrastre. 3) El arrastre desde el sitio de tala hasta el patio. 4) El depósito de la madera en el patio, que puede incluir acomodar las trozas por especie. 5) Demoras productivas, cuando se detiene la operación para limpiar el camino para mejorar el acceso, y no productivas, problemas con la maquinaria, alimentación, interrupciones no planificadas (Conway 1982).

La organización de la extracción debe tomar en cuenta cada componente de las operaciones y asegurarse de que la combinación de equipo, personal y actividades resulta en un flujo fluido de madera entre el bosque y el patio. Por ejemplo, de nada vale tener un tractor muy veloz, si gran parte del tiempo efectivo de trabajo lo pasa acomodando trozas, poleas y cables para poder jalarlas hacia las vías de arrastre. Una cuadrilla de dos personas podría hacer la preparación de la troza y colocar poleas y cables donde sea necesario, antes de la llegada del tractor; o bien usar un tractor menos caro y menos veloz para apoyar en este trabajo de preparación, dejando al tractor veloz -generalmente articulado- el arrastre (extracción en dos fases, ver acápite 6.3.2).

Es importante tener una idea de los **tiempos requeridos** para cada componente de la operación y monitorear de vez en cuando el tiempo realmente empleado; en especial, cuando se nota un aumento en los costos de extracción, o cuando el rendimiento observado durante el monitoreo está muy por debajo de lo obtenido anteriormente o lo reportado en la literatura (FAO 1974, aunque un poco desactualizado, sigue siendo una de las mejores y pocas referencias disponibles). Un ejemplo de rendimientos de tractores de orugas en diferentes estudios se presenta en el Cuadro 6.3. Aunque no necesariamente son representativos para las operaciones de extracción en América Central, da una indicación de lo que se puede esperar.



En el caso de Sarapiquí (Cuadro 6.3), se logró reducir el tiempo de *wincheo* y arrastre mediante la planificación computarizada de la red vial (Obando 1997). Otro aspecto que vale la pena destacar es que la preparación para el arrastre ocupa la mayor parte del tiempo total en Villa Mills y Brasil. En este último, sin embargo, el tiempo total de un ciclo de extracción fue menor y la carga por viaje fue mayor que en las operaciones que emplearon más tiempo en el arrastre mismo, lo que resulta en una mayor productividad por día.



En Brasil, se trata de una extracción en dos fases, donde todos los costos de la primera fase (el uso del tractor de orugas para llevar la madera a sitios de acopio intermedios) están incluidos en el componente de preparación y *wincheo*. Sobre bosques templados hay mucha información al respecto. Conway (1982) cita varios autores que encuentran distribuciones en tiempo similares (40-75% de tiempo empleado en la preparación para el arrastre) para buenas operaciones de aprovechamiento, aunque las circunstancias pueden diferir mucho de las del trópico. Estos datos indican que una buena preparación de la madera en el bosque antes del arrastre ayuda a mejorar la eficiencia de toda la operación.

Cuadro 6.3 Distribución relativa del tiempo para cada componente de la extracción de madera en fuste con tractor de oruga en diferentes sitios en Costa Rica y Brasil*

Componente	Villa Mills	Guápiles	Sarapiquí**	Brasil***
Viaje vacío	14,3	19,0	13,1	6,3
Preparación y wincheo	32,2	24,1	56,0	74,7
Arrastre sobre pista	42,5	43,9	11,2	10,7
Descarga y acomodo	6,1	10,6	5,8	5,0
Demoras	4,8	2,3	13,9	3,3

* Bosque de montaña en Villa Mills (Rodríguez 1996), bosque de bajura en Guápiles (Carrera 1993), bosque de bajura en Sarapiquí (Obando 1997), Brasil (FAO 1997).

** La distribución de los tiempos es muy diferente, posiblemente porque la distancia de arrastre fue mucho menor (promedio de 148 m) que en los otros dos sitios (aproximadamente 300 m en Guápiles y casi 500 m en Villa Mills) y sobre un camino casi plano, mientras las pistas de arrastre en Villa Mills y Guápiles tenían pendientes fuertes. La distancia de wincheo, por otro lado, no varió mucho (11,4 m en Sarapiquí y 12,7 m en Villa Mills). Así, el tiempo absoluto de arrastre disminuyó, y el de wincheo se mantuvo o aumentó, lo que explica en parte la diferencia en la distribución de los tiempos relativos entre estos sitios.

*** Aprovechamiento de Impacto Reducido (AIR) con una red vial permanente y extracción en dos fases donde el tractor de oruga prepara la carga para el tractor articulado.

El Cuadro 6.3 también muestra que las variaciones en la ejecución del trabajo y uso del equipo ocurren según las condiciones locales y los objetivos del aprovechamiento. En esta sección analizaremos algunas de las variaciones más comunes y sus razones de ser.

Las condiciones locales y los objetivos del aprovechamiento influyen en la ejecución de la saca.

Cuando la operación es promovida por grupos comunales o de campesinos, generalmente se busca la **optimización del aprovechamiento** de cada uno de los árboles a cambio de una baja producción y un menor impacto, por lo que probablemente los métodos basados en fuerza animal sean los más utilizados para el transporte menor de la materia prima. Pero cuando se trata de operaciones industriales, se busca una mayor producción y optimizar el uso de la maquinaria, por lo que generalmente se extraen los fustes sanos de mayor tamaño. En estas condiciones, la planificación y ejecución adecuadas de la tala y la red vial serán de mayor importancia para la fluidez de las operaciones de extracción.

La productividad se puede mejorar y reducir los daños a la vegetación con vías de arrastre lo más rectas posible, y el tránsito de los tractores estrictamente por las vías señaladas. En bosques tropicales, se puede reducir el área ocupada por caminos y vías de arrastre en un 50% aplicando estas medidas (Dykstra y Heinrich 1996, Hendrison 1990) y hasta en un 64% si además se usan cables para arrastrar las trozas desde el tocón hasta la vía de arrastre (Hendrison 1990). El uso de cables puede ser más costoso, ya que implica un mayor tiempo para '*winchar*' las trozas hasta la vía de arrastre (Rodríguez 1996, Obando 1997, ver también Cuadro 6.3). Al respecto Hendrison (1990) reporta que para las condiciones de Surinam, sólo fue posible '*winchar*' un 40% de las trozas desde las vías de arrastre.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Cualquiera que sea el caso, es necesario pensar en la mejor organización de la operación planificada, ya que esta se ubica dentro de un sistema de producción y por lo tanto debe cumplir sus funciones adecuadamente y brindar los rendimientos previstos para las siguientes etapas del sistema.

Las principales **dificultades** que enfrenta el transporte menor se refieren al tamaño y peso de la carga y a las condiciones de sitio que limitan el acceso y la extracción de la materia prima. Para un peso determinado y un tractor en buen estado, sin embargo, los principales determinantes del tiempo gastado en la extracción son la distancia y la pendiente para el *wincheo* y el arrastre sobre la pista. Otra limitación que generalmente enfrenta el profesional forestal en la etapa de planificación son los recursos para la operación, lo que generalmente obliga a trabajar con la maquinaria y equipos disponibles. A menudo esto significa maquinaria ya muy gastada y personal poco capacitado para aplicar métodos modernos de extracción.

Generalmente la extracción se organiza de dos formas: la extracción en una fase y la extracción en dos fases. A continuación se describe brevemente cada una.

El arrastre se puede organizar con base en las interrupciones que haya en el traslado desde el pie del tocón hasta el patio de carga.

6.3.1 Extracción en una fase

La extracción en una fase consiste en llevar el árbol, fuste, residuo o producto ya elaborado desde el lugar de origen hasta el lugar desde donde será transportado con un solo medio. Un caso típico es cuando el tractor de orugas recoge el árbol o fuste al pie del tocón (con o sin cable) y lo lleva hasta el patio de acopio. Es el método de extracción más utilizado en América Central y conviene particularmente cuando hay un volumen relativamente alto por hectárea con distancias de extracción relativamente cortas.

6.3.2 Extracción en dos o más fases

El árbol, fuste u otro se extrae utilizando más de un medio, cada uno lo recoge en un sitio para llevarlo a otro accesible para el siguiente medio. Cada tramo del transporte representa una fase. En el aprovechamiento forestal convencional se dan con frecuencia las siguientes combinaciones para aprovechar las fortalezas de cada maquina/método de extracción:

1. **Tractor de orugas** (distancia corta entre tocón y vía de arrastre) y **tractor articulado** (distancia larga sobre vías de arrastre principales o secundarias ya preparadas hasta el patio de acopio).
2. **Tractor de orugas** (distancia corta, abriendo su propio camino, en pendientes relativamente fuertes) y **tractor agrícola** (terreno más plano sobre caminos preparados).
3. **Tractor de orugas o articulado, bueyes, mano de obra** (para posicionar fuste o troza en un sitio inundable) y **flotación**.
4. **Bueyes** (en el bosque, para reducir la cantidad de tractores necesarios y el impacto sobre la vegetación) y **tractor agrícola** (en combinación con trabajo agrícola, se utiliza de vez en cuando para recoger la madera cuando ya hay suficiente acumulado para varios viajes).



5. Tractor de orugas y bueyes: en algunas ocasiones se utiliza el tractor de orugas para hacer las pistas de arrastre y sacar los árboles de tamaños mayores a 70 cm dap, después se entra con bueyes sobre las pistas establecidas para sacar los tamaños menores, sea en diámetro o en largo. Esto permite aprovechar mejor las capacidades del tractor y de los bueyes (Cordero 1989).

6.3.3 Uso de cable o *wincheo*

En realidad, en ambos casos se puede agregar otra fase a la extracción, en la cual el tractor está parado y jala la troza o fuste desde el tocón hasta la vía de arrastre sobre distancias que varían desde 50 m en operaciones normales hasta 200 m en condiciones excepcionales. En general, el *wincheo* es recomendable en bosques con volúmenes relativamente altos, como en Surinam donde se aprovecharon 34 m³/ha, o donde el ciclo de corta es corto, como el caso de la empresa Mil Madeiras en Brasil, donde se construyó una red vial permanente de alta densidad (100 m entre vías) y donde la extracción ocurre exclusivamente con cables de hasta 50 m de longitud, así que el tractor no necesita salir de los caminos (FAO 1997). En el caso de El Petén, con un volumen aprovechable de 5 m³/ha, no vale la pena realizar una operación de tal naturaleza, ya que la red vial se puede diseñar de tal forma que vaya de tocón en tocón.

Sin embargo, se ha demostrado que en bosques con volúmenes medianos a bajos y con pendientes variables y considerables (terrenos irregulares), el *wincheo* es un **método eficiente de arrastre**, ya que se evita la construcción de vías que causan daños considerables por la remoción de suelos. Además, se reducen los costos y los daños a la vegetación y la contaminación de las aguas. Con una debida planificación para ubicar los árboles y las distancias de arrastre, se puede construir una red vial que permita el acceso previo, para después utilizar el *winche* o lingas (segmentos complementarios que, tirados por personas, llegan hasta el pie de tocón y se acoplan al cable del tractor) para el arrastre. De esta forma se evita que el equipo pesado llegue a zonas de difícil acceso. En todo caso, el uso de personal obrero para tirar del cable es de menor costo comparativo que la construcción de una vía para que el tractor u otra máquina lleguen hasta el tocón.

El **arco integral** en los tractores forestales distribuye el peso de la carga en toda la máquina y, al elevar la troza, se reduce la fricción de la carga con el suelo, lo cual permite además reducir daños a la troza y en la vía y atrasos por atascamientos. En tractores de orugas, los arcos son menos versátiles, ya que la eficiencia de la tracción depende de la distribución igualitaria del peso en la parte trasera.

En esta sección hemos:

- Descrito la operación de saca.
- Descrito la extracción en una fase y en dos o más fases.
- Descrito el uso del cable o *wincheo* y su importancia.



6.4 Métodos utilizados en América Central

En América Central se utiliza una gran variedad de métodos para el transporte menor en el aprovechamiento forestal de bosques tropicales. Cada método tiene un rendimiento óptimo bajo ciertas condiciones; es fundamental, entonces, conocer sus características y potencialidades para poder relacionarlas con las condiciones específicas de cada sitio. A continuación se presenta una breve descripción de los métodos más utilizados en Centroamérica.

6.4.1 Métodos mecanizados

Tractor de orugas

Esta máquina está diseñada para realizar labores de movimiento de tierras (construcción de embalses, explanaciones, rellenos, construcción de caminos). Sin embargo, en el aprovechamiento de bosques tropicales ha sido utilizada como una **máquina multiproceso** para la apertura de caminos, para el arrastre de madera, carga y remolque de camiones y construcción de patios, puentes y cargaderos (Foto 6.1).

El tamaño pequeño de las unidades económicas que hacen aprovechamiento forestal en bosques tropicales en Centroamérica inciden en la preferencia por este tractor, dada su versatilidad. Esta máquina se mueve por medio de orugas, las cuales le garantizan una alta tracción que, junto con la gran fuerza de su motor, la convierten en una máquina muy potente y prácticamente imparable en las duras condiciones del trópico. Sin embargo, estas mismas características la han convertido -cuando es mal utilizada- en una máquina altamente destructiva.

Existen diferentes tipos de tractores de orugas, pero el más utilizado en las labores de aprovechamiento forestal es el de tipo '*bulldozer*', que tiene una pala frontal con movimiento vertical. La máquina está cubierta por blindajes que la protegen de las duras condiciones del trópico.

Los tractores de orugas son muy potentes, se encuentran desde 70 hasta 770 caballos de fuerza (HP). Los más utilizados en las operaciones forestales son los pequeños y medianos, con 80 a 130 HP, similares a los modelos D4 y D5 (Caterpillar 1994). Experiencias con tractores más grandes, por ejemplo el D6, han terminado en grandes alteraciones al ambiente, mayor área compactada y destrucción de la regeneración natural del bosque.

Bien usado, el tractor de orugas es muy funcional y apropiado para las labores de aprovechamiento forestal.



Fotos: CATIE.



Fotos 6.1 Tractor de orugas. En Centroamérica esta máquina se utiliza mucho en la construcción de caminos, arrastre de madera y otras actividades propias del aprovechamiento.

En la operación de arrastre, el tractor de orugas es funcional y adecuado, siempre y cuando se utilice en forma racional, ya que es una máquina muy pesada y rígida. Debe usarse desde una pista de arrastre principal, a partir de la cual se amarran los árboles cortados para su extracción. Si el tractor de orugas debe salirse de la pista principal, en la medida de lo posible, debe entrar al bosque en reversa, con la idea de que cuando llegue al sitio definido ya esté en posición de *wincheo*. Esto evitará alteraciones innecesarias al tratar de dar vuelta con una máquina tan grande dentro del bosque. Por lo común, sin embargo, el tractor entra hacia delante. Si este fuera el caso, el daño a la vegetación y al suelo se puede reducir levantando la pala; así casi no se remueve suelo y, aunque mucha de la vegetación se quiebra o se dobla, se recupera rápidamente después de la extracción (Foto 6.2).

El uso de un *winche*, dotado de un cable de acero de 2 a 3,5 cm de diámetro y una longitud mínima de 50 metros, es fundamental para emplear tractores de orugas en el aprovechamiento de bosques naturales tropicales (Foto 6.3). En el acápite anterior se comentó el uso del *winche*. Es conveniente buscar recomendaciones antes de comprar el *winche*, pues en el mercado hay cables más delgados y fuertes que los convencionales, lo que facilita llevar el cable hasta el fuste -probablemente el trabajo más lento y duro en el proceso de *wincheo*.

La longitud total del cable puede complementarse con otros segmentos de cable (lingas) para alcanzar distancias mayores. Las lingas deben tener una longitud y peso manejable para el personal asistente.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales



Foto: CATIE.

Foto 6.2 Posición de la extracción con tractor de oruga. Nótese el *wincheo* y la pala levantada.



Fotos: Francisco Solano.

Fotos 6.3 Amarre y posición del tractor para el *wincheo* de fustes en un aprovechamiento de la zona norte de Costa Rica



El tractor de orugas es una máquina de **alto rendimiento** en la labor de arrastre. A pesar de su alto costo por hora, su rendimiento permite obtener un costo de producción relativamente bajo; sin embargo, dadas las características de las unidades económicas dedicadas al aprovechamiento de bosques naturales en Centroamérica, el tractor es usado en otras labores que aparecen por una planificación deficiente o inexistente. Por ejemplo, cuando no se calcula la capacidad de los camiones para salir cargados por una pendiente, el tractor debe suspender la operación de arrastre y remolcar el camión hasta sitios más planos; también se usa para cargar camiones, reparar caminos y otras tareas.

A pesar de que esta forma de uso es comprensible en operaciones pequeñas con capacidad económica limitada, cuando se hacen los cierres contables debe amortizarse el costo de la máquina sobre todas las operaciones que realiza, y no solo sobre la operación de arrastre o construcción de caminos. Al final probablemente saldría menos costoso mejorar el diseño de los caminos y escoger camiones mejor adaptados al tipo de camino existente.

En aprovechamientos convencionales, los tractores de orugas pueden alcanzar producciones entre 45 y 150 m³/día, dependiendo de las condiciones de sitio, tamaño de los fustes y de los tractores y de la calidad de la operación de corta (FAO 1974). Estos datos se refieren principalmente a Asia y África. En América Latina, en aprovechamientos de impacto reducido con maquinaria tipo D4 a D5 se han reportado rendimientos de 28 m³/día (Méndez 1996) y 32 m³/día (Carrera 1993), ambos en bosques de bajura, y 34 m³/día en bosque montano (Venegas y Louman 2001). Anaya y Christiansen (1986) estiman la productividad de un tractor de orugas bajo condiciones similares a las de Villa Mills, pero en bosques tropicales de bajura, en 42 m³/día.

Las principales **desventajas** de los tractores de orugas para el arrastre radican precisamente en su diseño, ya que su rigidez les impide moverse y girar en espacios cortos, además de que al tratar de suspender la carga mediante un arco se modifica la distribución del peso y la máquina tiende a levantarse en la parte delantera. También su lentitud de operación es una desventaja; a distancias de arrastre mayores a 200-300 m son menos eficientes que un tractor articulado.

Por otra parte, el tractor de orugas pueda causar un impacto grande sobre el bosque. La máquina por sí misma no es destructiva, lo que la hace destructiva es el uso que se le da. Un tractor de orugas en manos de un operador que no ha recibido capacitación causa un gran impacto en el ecosistema, ya que destruye innecesariamente gran cantidad de regeneración natural, que es precisamente la base del manejo sostenible del bosque natural. Además, se afecta más área de la necesaria por la falta de planificación de caminos, pistas y del mismo arrastre.

Uno de los daños más difíciles de prevenir es la **compactación** del suelo (ver en Capítulo 12 las implicaciones para el bosque). Los tractores de orugas con sistemas de suspensión de barras de torsión logran una buena distribución del peso sobre el tractor y, aunque son más caros que los otros tractores, Dykstra y Heinrich (1996) los recomiendan para condiciones muy húmedas.



Tractor forestal articulado (*skidder*)

Como su nombre lo dice, esta es una máquina con articulación que utiliza llantas y su diseño responde a la actividad de aprovechamiento forestal (Foto 6.4). El tractor forestal articulado es diseñado específicamente para la labor de arrastre; por eso, su distribución del peso es diferente que la del resto de las máquinas forestales.

Este tractor tiene dos terceras partes de su peso en el eje delantero cuando circula vacío. La carga se suspende por medio del arco maderero, por lo que el peso de la carga se transfiere a la máquina, equilibrando su peso. Esto, junto con el uso de llantas, le permite desarrollar mayor velocidad y, en consecuencia, mayor número de ciclos por hora con lo que aumenta su producción.

El tractor articulado tiene **ventajas** y **limitaciones** para realizar la operación de arrastre en bosques naturales tropicales. La pala le permite trabajar en patio y cargar camiones, aunque con algunas limitaciones. Su tracción limitada y poca capacidad para construir caminos -ya que solo sirve para abrir sus propias pistas de arrastre- constituyen sus principales debilidades.



Fotos: CATIE.

Fotos 6.4 Tractor articulado. Nótese el diseño, llantas, pala y arco maderero.

La producción y eficiencia del tractor forestal articulado dependen de la utilización que se haga de sus potencialidades. Pistas previamente construidas, con poca pendiente, lo más rectas posibles y con buen drenaje son condiciones que favorecen el rendimiento del *skidder*. FAO (1997) estima que puede tener una productividad de hasta 65 m³/hora efectiva, para una producción diaria de 146-151 m³, en combinación con un tractor de orugas que prepare la carga y con pistas relativamente planas. En Costa Rica se lograron rendimientos mucho más modestos: 44 m³/día en extracción de una fase en bosque de altura (Venegas y Louman 2001). Anaya y Christiansen (1986), en condiciones de terreno con limitaciones similares a las del estudio de Venegas y Louman, estiman la productividad de este tipo de tractores en 55 m³/día.

Las operaciones de saca

El uso de un **grapador** que levanta la punta de las trozas por encima del suelo durante el arrastre reduce el impacto sobre el suelo y aumenta la productividad del tractor.

El tractor forestal articulado, al igual que el tractor de orugas, puede causar mucho daño al bosque si su uso no es adecuado. La utilización del *skidder* en terrenos muy húmedos, inundados, o bajo condiciones de lluvia, provoca grandes surcos en los caminos y pistas y fondos a menudo muy compactados que con el efecto de la precipitación se convierten en cauces profundos y de gran caudal. El uso de llantas más anchas, o llantas de alta flotación, permite reducir la presión por centímetro cuadrado de suelo y así reducir la compactación y formación de surcos (Foto 6.5).



Tractor agrícola

El tractor agrícola es una **máquina multiproceso** en las fincas agrícolas y ganaderas por lo que su uso es conocido en toda Centroamérica, lo que ha facilitado la incorporación de esta máquina a las labores forestales.

El tractor agrícola puede ser utilizado de dos formas: con un *winche* acoplado a la toma fuerza, o con una carreta. Cuando se utiliza el *winche*, el tractor funciona en la misma forma que un *skidder* o un tractor de orugas, con las limitaciones propias de potencia y diseño de la máquina. Debe transitar por pistas preestablecidas y los árboles deben ser de tamaño mediano o partidos en trozas antes del arrastre. Aún así, es importante colocar pesas en la parte delantera para contrarrestar el peso de la troza. Un factor que limita su uso en trabajos forestales es que, por lo general, no tiene las previsiones que protegen al operador y a la máquina contra árboles y ramas caídas y otros accidentes, aunque es posible instalarlas. El operador debe conocer las limitaciones del tractor aún mejor que en el caso de tractores forestales. No obstante, es una alternativa excelente para trabajos en bosques secundarios y plantaciones forestales en terrenos planos y con madera de dimensiones pequeñas a medianas.

El uso de una **carreta** enganchada al tractor agrícola permite sacar los productos sin tener que arrastrarlos por el suelo. Generalmente este método se utiliza para extraer productos semi-elaborados, como bloques de madera, tablones o madera de dimensiones finales aserrada *in situ*.



Foto: Hans Tanner.

Foto 6.5 Tractor agrícola arrastrando varios fustes de diámetros menores en un aprovechamiento forestal de la zona norte de Costa Rica



6.4.2 Métodos no mecanizados

Los **animales de tiro**, como el buey, la mula, el búfalo y el caballo con frecuencia se usan para sacar madera de los bosques. El caballo no es muy apto, por su poca adaptación a los climas tropicales calurosos. Por esta razón no hablaremos sobre su uso.

El uso de animales de tiro exige que tanto quienes los manejan como los animales mismos sean entrenados para las labores de saca de madera.

Un aspecto importante del uso de animales de tiro es el cuidado que hay que brindarles. Requieren buena alimentación y acceso a agua para beber y para refrescarse (particularmente el búfalo de agua). La alimentación puede ser relativamente sencilla. Barrantes (1999) reporta una dieta para bueyes de 2,5 galones de miel y 10 libras de sal diarias por buey y la misma cantidad de miel y 5 libras de sal para un búfalo en el sur de Costa Rica. Además, cada buey requiere media hectárea de pastos naturales por mes, mientras que el búfalo come arbustos propios de la zona. En Guatemala se alimenta a los bueyes con hojas de *Brosimum alicastrum*, en vez de pastos. La sal es importante para evitar que los animales se deshidraten. Por la misma razón es recomendable trabajar durante las horas frescas de la mañana.

Es conveniente contar con un veterinario que revise periódicamente a los animales, para asegurarse de que gozan de una buena salud y mantienen su capacidad de realizar los trabajos relativamente pesados de extracción de madera.

Aparte del cuidado, el trabajo con animales requiere **entrenamiento** tanto del personal como de los animales. Cordero (1988a) menciona cuatro fases para el entrenamiento de bueyes: 1) acostumbrarse a la presencia del ser humano; 2) acostumbrarse al yugo; 3) aprender a caminar despacio con el yugo; 4) aprender a obedecer la voz. Cuando se trabaja con yuntas de bueyes, es útil juntar un buey nuevo con otro de mayor experiencia, para que el último enseñe al primero. El periodo de entrenamiento dura un promedio de 14 meses. El mismo autor publicó un manual de entrenamiento de bueyes, que se recomienda consultar una vez tomada la decisión de utilizar bueyes para la extracción (Cordero 1988b).

Bueyes

El uso de bueyes es muy conocido en Centroamérica, dada su utilización en el cultivo de la tierra y transporte durante el proceso de colonización, lo que ha facilitado su incorporación a labores forestales, principalmente en proyectos comunitarios de interés social.

Según Cordero (1989), los bueyes se utilizan en **operaciones pequeñas** de extracción que trabajan durante la mayor parte del año y que no requieren un método de extracción de alto rendimiento para poder sacar toda la producción del año en tres o cuatro meses solamente.

Los bueyes son el principal método de extracción cuando se arrastran trozas o árboles para ser usados localmente; por ejemplo, dentro de la misma finca. Los bueyes no son utilizados en el aprovechamiento 'industrial' del bosque natural, pues estas operaciones son de mayor escala y más sofisticadas y, en consecuencia, usan métodos mecánicos. Los bueyes se han utilizado en bosque natural para aprovechar los residuos dejados por el aprovechamiento tradicional con tractor de orugas. Por su menor costo horario, pueden arrastrar árboles dañados o de menor tamaño cuya extracción no es económicamente factible con tractor de orugas. En algunos casos, esta combinación ha aumentado hasta en un 50% la extracción de madera del bosque.

Las operaciones de saca

Los bueyes se utilizan corrientemente en el aprovechamiento de **plantaciones forestales** ya que, por lo general, las plantaciones son de poca extensión y porque el tamaño de los árboles permite trabajar con facilidad. En plantaciones de mayor extensión o con condiciones topográficas más difíciles se usan animales en combinación con tractores agrícolas. En estos casos, los bueyes se utilizan en una primera fase de corta distancia (50 a 200 m), desde el tocón hasta una pista o camino. Luego, se usa el tractor agrícola, con o sin carreta, para completar la extracción hasta el patio de carga.

Este esquema es beneficioso para las plantaciones. Los bueyes, que causan menos alteración al ambiente, realizan la primera fase y preparan cargas de tamaño mayor para que sean transportadas por el tractor; con esto se favorece el rendimiento de ambos.

En general, los bueyes pueden arrastrar en pendientes de hasta 30% a favor y 15% en contra (Dykstra y Heinrich 1996). Los métodos de trabajo más comunes son los siguientes:

Arrastre con cadena. El arrastre con cadena es el sistema tradicional en que la troza o el árbol son arrastrados sobre el suelo, sujetos al yugo por una cadena. Este método es el más conveniente si las distancias de extracción son cortas⁵ y los árboles pequeños. En algunas ocasiones, aunque la distancia sea corta es necesario utilizar otros métodos cuando las trozas son de mayor tamaño y peso que la capacidad de arrastre de los bueyes.

Con este, y cualquier otro método que emplee bueyes u otros animales de tiro, siempre es conveniente tener **arneses** adecuados que protejan a los animales de heridas y faciliten el transporte de la carga. Dykstra y Heinrich (1996, p. 45) recomiendan utilizar yugos cabeceros para “evitar irritaciones a la piel y... aprovechar toda la fuerza de tracción de los animales”.

Este método es el más simple y el que requiere menor inversión, pero es a la vez el de más limitaciones. El mejor desempeño se da en la extracción de productos de raleos o aclareos de plantaciones. Debido al tamaño pequeño de los árboles, es recomendable hacer atados de 5-10 árboles, y luego extraer esos atados con los bueyes. En estos casos también se puede hacer uso de la fuerza humana; sin embargo, con productos que por su tamaño no puedan manejarse con fuerza humana, tendrán que utilizarse bueyes aunque sea para trasladarlos por sólo 10 ó 20 m. El uso de bueyes en esta forma es particularmente útil en sistemas de extracción en dos fases, donde los bueyes llevan los árboles hasta la orilla de las pistas, y el tractor los transporta hasta el patio de carga de camiones.

Cuando se hacen cortas de raleo, la extracción de fustes enteros favorece el rendimiento de los bueyes pero aumentan los daños que se causan a los árboles residuales. En bosques naturales, este método es apto para transportar trozas con un diámetro de hasta 70 cm y largos de 3,5 a 5 m (Cordero 1989).

En el Cuadro 6.4 se presenta algunos rendimientos obtenidos al realizar una extracción de trozas de madera para aserrío de plantaciones forestales de *Cupressus lusitanica* en Costa Rica.



Los bueyes se usan más que todo en operaciones extractivas pequeñas y en plantaciones forestales.

⁵ Cordero (1989) indica un rango de 50 a 300 m bajo diferentes circunstancias; Dykstra y Heinrich (1996) sugieren un máximo de 200 m.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Cuadro 6.4 Producción en m ³ /hora arrastrando con cadena y <i>sulky</i> , según distancia de extracción		
Distancia de extracción (m)	Producción (m³/hora programada)	
	Cadena	Sulky
25	4,50	4,13
50	3,71	3,47
75	3,25	3,12
100	2,93	2,88
125	2,67	2,69
150	2,47	2,54
175	2,29	2,42
200	2,14	2,31

Fuente: Cordero 1988c

Arrastre con *sulky*. El *sulky* es un arco maderero de metal puesto en ruedas con llantas, usado para reducir la fricción entre la troza y el suelo (Foto 6.6). El *sulky* en general favorece un mayor rendimiento de parte de los animales ya que aumenta su capacidad de carga (Cordero 1988c). Al reducir la fricción de la carga, se puede llevar cargas mayores o aumentar la distancia de arrastre y reducir la densidad de caminos.



Foto: CATIE.

Foto 6.6 Arrastre de una troza con *sulky* tirado por bueyes

Las operaciones de saca



Aunque su uso no se haya generalizado, el *sulky* es un artefacto de gran ayuda en la extracción de madera con tracción animal.

Por sus características, el bosque tropical presenta limitaciones para el uso de bueyes en extracción, pues como regla general los árboles son de gran tamaño. El *sulky* permite reducir una de las desventajas más grandes que tienen los animales: su poca capacidad de arrastre, la cual ha limitado el uso de los bueyes en bosques tropicales.

Con la ayuda del *sulky*, una sola yunta puede fácilmente arrastrar un fuste. No obstante, este artefacto también tiene sus limitaciones. En terrenos con pendientes superiores a 20%, el manejo del *sulky* por parte del operador y su ayudante se dificulta mucho, por lo que no es conveniente utilizarlo en pendientes superiores a 30%.

En **terrenos escarpados** lo más conveniente es realizar el arrastre en dos fases. En la primera fase, las trozas se arrastran con la cadena, o eventualmente con búfalo, hasta una pista de extracción construida siguiendo el contorno del terreno. La segunda fase se realiza con el *sulky* sobre la pista de extracción.

El *sulky* requiere más mano de obra, pues la carga y descarga para una sola persona es difícil. También requiere más inversión que el método de la cadena, a pesar de que su costo es bajo (alrededor de US\$400). Posiblemente, la mayor dificultad que enfrenta el *sulky* es la resistencia al cambio por parte de los madereros. Se ha comprobado que el uso del *sulky* puede **aumentar el rendimiento** hasta en un 20%, en comparación con el uso de bueyes con pipante arrastrando madera aserrada en bloques y tablas sobre terreno ondulado con poca pendiente y distancias más largas (Barrantes 1999).

El Cuadro 6.5 incluye información sobre los rendimientos (m^3/hora programada) obtenidos en la extracción de madera en trozas para aserrío con bueyes y *sulky* en plantaciones. La mayoría de la extracción se realizó sobre pistas de extracción simples previamente construidas; siempre que fue posible, se extrajeron fustes completos. Se trabajó con una pendiente favorable promedio de 10%.

Cuadro 6.5 Producción en m^3/hora usando un <i>sulky</i> en Costa Rica. Extracción de trozas para aserrío provenientes de una plantación forestal de alrededor de 40 años de edad	
Distancia de extracción (m)	Producción (m^3/hora)
100	2,88
200	2,31
300	1,98
400	1,74
500	1,55
600	1,40
700	1,27
800	1,16
900	1,06
1000	0,97

Fuente: Cordero 1988c



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Contrario a lo que pasa con la extracción con tractores, la mayor parte del tiempo de extracción con bueyes se gasta en los viajes con y sin carga: 57% del tiempo total de arrastre, dividido más o menos igual entre viaje sin carga y con carga. Los tiempos de preparación y esperas contribuyen hasta con el 20% del tiempo de extracción (Cordero 1988a).

En términos generales, el **rendimiento diario** de una yunta de bueyes es equivalente al **rendimiento horario** de un tractor de orugas pequeño (similar al Caterpillar D4). Esta relación se ha observado en el aprovechamiento de algunas plantaciones de *Alnus acuminata* y *Cupressus lusitanica*, en donde el rendimiento diario promedio (ocho horas programadas o cuatro horas efectivas) de los bueyes fue de 19 m³, mientras que el tractor tuvo un rendimiento promedio de 13 m³ por hora programada (FAO 1995).

En un bosque tropical natural ubicado al sur de Costa Rica se ha venido realizando una comparación de ambos métodos (FAO 1995). De acuerdo con los resultados preliminares, los bueyes tuvieron un rendimiento promedio diario de 7,35 m³ y el tractor de orugas 10,48 m³/hora programada. Este tipo de bosque con árboles de gran tamaño (hasta 1,3 m dap) y pendientes adversas promedio de 15% presenta condiciones difíciles para el trabajo con bueyes, ya que la yunta de bueyes que se usa todavía no tiene cinco años de edad y no ha alcanzado su pleno desarrollo físico.

También en el sur de Costa Rica, Barrantes (1999) reporta una productividad mucho menor: 0,55 m³/hora de trabajo, 5 horas al día y distancias de hasta 1000 m. Ella sugiere que se puede mejorar el rendimiento mejorando la organización de la extracción y utilizando un método de extracción en dos fases, con un búfalo para extraer la madera hasta una pista de arrastre o patio de acopio y un *sulky* o carreta para transportarla con bueyes hasta la comunidad.

Cordero (1985) resume las ventajas y desventajas del uso de bueyes en aprovechamientos forestales. Las **principales ventajas** son: 1) los bueyes causan poco impacto al ambiente; 2) la construcción, uso y mantenimiento del equipo utilizado es simple; 3) los costos de inversión y operación son bajos; 4) su versatilidad, pues sirven tanto para diferentes productos forestales como para trabajos no forestales; 5) requiere de menos infraestructura que la maquinaria (talleres, tanques de combustible).

Por otro lado, sus **principales desventajas** son: 1) la mayor parte de los costos son costos fijos (adquisición, alimentación y salud, ya que hay que cuidarlos, sin importar si trabajan o no); 2) baja producción; 3) baja capacidad de carga; 4) personal adecuado, que sepa hacer el trabajo y manejar a los animales.

Búfalos

El búfalo se utiliza mucho en los trópicos, particularmente en Asia, para usos agrícolas. En América Central hay pocas experiencias con búfalos en la extracción de madera. Un caso conocido, único en su naturaleza, es un proyecto de aprovechamiento de madera muerta en la península de Osa en Costa Rica, donde se utiliza un búfalo con pipante para la extracción hasta la pista o a un patio de acopio y una yunta de bueyes con carreta para llevar la madera aserrada desde el patio hasta la comunidad (Barrantes 1999) (Foto 6.7). La gran **ventaja** de los búfalos es que tienen más fuerza que los bueyes, mayor capacidad para trabajar en pendientes fuertes (hasta 55%, según Barrantes 1999) y de andar en el bosque sin tener que abrir pistas de arrastre, con lo que se reducen los daños a la vegetación remanente.

En la península de Osa, el rendimiento diario del búfalo con pipante fue de 2,05 m³, muy bajo según los estándares; probablemente debido a las condiciones del sitio y una planificación deficiente de las actividades de extracción. Al igual que en un estudio de caso de arrastre en Brasil (FAO 1997 y acápite 6.3), en Osa también se registró un mayor rendimiento para un arrastre en dos fases (5 m³/día). Aunque el grupo reconoció el mayor rendimiento con esta forma de organizar la extracción, no la aplicaron mucho por falta de disponibilidad de los recursos humanos para manejar ambos animales simultáneamente.



Foto: CATIE.

Foto 6.7 Búfalo arrastrando una troza



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Mulas

El transporte con mulas se emplea mucho en Honduras, donde las comunidades han obtenido los derechos sobre el uso del bosque para el aprovechamiento de madera en sitios de mucha pendiente, alta precipitación y lejos de los caminos de acceso. No es extraño encontrar sitios con manejo forestal a más de cinco horas de recorrido desde los caminos de acceso más cercanos. En estos sitios no se puede andar con maquinaria, ni es factible el uso de bueyes o búfalos. La mula es mucho más resistente y, aunque tiene poca capacidad de carga, es el animal idóneo para transportar pequeñas cantidades de madera del bosque hasta los patios en las comunidades (Fotos 6.8).

En Honduras se considera que una mula puede llevar hasta 40 pt⁶ de madera aserrada por viaje, amarrada sobre su lomo mediante un arnés o aparejo de madera adecuado para este fin. Por lo general, las mulas trabajan hasta cinco horas al día, aunque a veces se las ha utilizado hasta por ocho horas al día, en tiempos de pedidos urgentes.

FAO (1990) cita otros dispositivos para ser usados en extracción de madera por animales, tales como monturas de carga, arnés de madereo, yugos, ganchos de madereo, tenasas de madereo, cono de madereo, trineo de madereo, bandeja de madereo, arcos de madereo, patín de madereo, entre otros.



Fotos: CATIE.

Fotos 6.8 Extracción con mulas de madera procesada en el bosque comunal Toncontín, La Ceiba, Honduras

⁶ 1 m³=424 pt

Fuerza humana

La fuerza humana para transportar madera es muy limitada y, en la práctica, se usa más que todo en fincas y para la recolección de leña. Para la extracción de madera para otros usos se emplea la fuerza humana cuando la madera se ha procesado *in situ* y hay dificultades de acceso con maquinaria y animales. En diferentes partes de América Latina se utiliza esta forma de extracción para llevar madera de diferentes dimensiones, utilizando algunas herramientas de apoyo, a sitios de acopio intermedios de donde se transporta en otra forma (mulas en Honduras, por río en Honduras y Ecuador) hasta patios de acopio en las comunidades o hasta el destino final de la madera (Fotos 6.9).



En la zona norte de Honduras se ven personas llevando bloques de madera de hasta 20 pt sobre el hombro en distancias cortas y generalmente con pendientes a favor. Sin embargo, no se cuenta con estudios de rendimiento. En La Mosquitia de Honduras se transportan bloques en la misma forma hasta la orilla de ríos para ser enviados desde allí en canoa hasta la orilla de lagunas, donde se acumula la madera para llevarla en barco o balsa hasta el puerto caribeño de Puerto Lempira.

Es importante considerar el uso de espumas o almohadas para evitar abrasiones o heridas en los hombros, cabeza, cuello, antebrazos y brazos.

Existen varias herramientas para **potenciar la fuerza humana**. Dykstra y Heinrich (1996) mencionan el *sulky*, ganchos, palancas y carretillas. Los autores observaron en Ecuador el uso de palos colocados a lo ancho del sendero sobre los cuales se empujaban las trozas, con lo que se redujo la fricción entre troza y suelo. En Guabito, Changuinola, Panamá, a principios de los años 90 se desarrolló un proyecto de manejo de bosquetes en una finca demostrativa con un aprovechamiento en un área anual de 1,04 ha y un volumen comercial de 23 m³. Esta madera se procesaba en el sitio convirtiéndola en tablones y posteriormente con un sistema de cables similar al utilizado en las bananeras vecinas se trasladaba tirada por fuerza humana. Este sistema de cables permitió el desembosque de la madera en una longitud de hasta 650 metros en línea recta (Kapp *et al.* 1991) y Sánchez comunicación personal⁷).

FAO 1990b cita que para la extracción y transporte manual de la madera se pueden construir las siguientes piezas o aparatos que ayuden a las personas: mochila, yugos, tenasas, carretillas, arcos, rodaduras y deslizaderos, trineos y pistas preparadas.

⁷ Juventino Sánchez. Propietario del bosque aprovechado, Guabito, Changuinola, Panamá. Setiembre, 1991.



Fotos: CATIE.

Fotos 6.9 Extracción con fuerza humana de madera procesada en el bosque comunal Toncontín, La Ceiba, Honduras

6.4.3 Otros métodos potenciales

Otras tecnologías permiten la extracción de madera, a menudo con menor daño a la vegetación porque no requieren de vías de arrastre; sin embargo, no se utilizan todavía en la región centroamericana.

Sistemas de extracción con cable

Ya se ha mencionado el uso de cables aéreos que pueden ser de utilidad en áreas con pendientes fuertes y volúmenes de más de 30 m³/ha (Frutig 1993) y en terrenos pantanosos (Dykstra y Heinrich 1996). La inversión inicial es alta y se requiere de una buena capacitación, por lo que no se recomiendan para operaciones pequeñas (Frutig 1993, Alfaro y Aus de Beek 1994).

Los sistemas de **cables aéreos** difieren de otros sistemas de extracción con cable en que llevan la troza completamente suspendida (Fotos 6.10); por esta razón es el sistema más recomendable para los bosques tropicales latifoliados (Dykstra y Heinrich 1996). El sistema consta de dos cables: uno para levantar el carrito y la carga, y otro para controlar los movimientos del carro. El carro tiene un mecanismo para levantar la troza y jalarla o arrastrarla de direcciones diferentes a la del cable principal. El cable principal cuelga de dos mástiles, uno en un sitio elevado (mástil de cabeza), y otro más abajo (mástil de cola). Lo más recomendable es transportar la madera hasta el mástil de cabeza, aunque significa un mayor esfuerzo. La carga se desliza hacia abajo por fuerza de gravedad y se controla con el cable “tractor”. Si hay problemas con el cable tractor, la madera podría salirse de control y herir al personal en el patio o dañar el equipo.



Fotos: CATIE.



Fotos 6.10 Sistema de extracción con cables

Para un uso eficiente y seguro de sistemas de cable es importante tener **personal bien capacitado** en cuanto a su uso y mantenimiento. Además, hay que asegurarse de que el motor empleado tenga suficiente capacidad para mover la carga con seguridad y facilidad, tomando en cuenta el terreno y el peso/tamaño de las trozas.

Sistemas aéreos

Entre los sistemas de saca por aire están los **globos aerostáticos** y el helicóptero. Ambos sistemas se aplican en terrenos de difícil acceso en países templados. Los globos son muy pocos usados a nivel mundial por su alto costo y la necesidad de tener equipo y mano de obra altamente especializada (Dykstra y Heinrich 1996). El **helicóptero** se ha utilizado en algunos países asiáticos con éxito relativo; desde el punto de vista ambiental ha sido muy exitoso porque no perturba los ecosistemas, también, se ha logrado sacar volúmenes apreciables de maderas valiosas. No obstante, exigen un gran nivel de coordinación entre el piloto y el equipo de campo y mucha capacitación a ambos para poder realizar las operaciones de forma eficiente y segura. Más de una vez han ocurrido accidentes mortales con cables o con los mismos helicópteros, causados por falta de entendimiento entre los equipos, falta de capacitación y/o falta de disciplina.

El uso de helicópteros exige precisión y, por lo general, los equipos trabajan bajo mucha presión de tiempo porque se pierde mucho dinero por cada minuto que el helicóptero está en el aire sin uso efectivo. Dykstra y Heinrich (1996) reportan rendimientos promedios de 5 m³ cada cuatro minutos (400 m³/día) con extremos de producción de hasta 2000 m³/día.

Por los grandes volúmenes de madera, este sistema requiere de una excelente planificación, tanto de la tala como del transporte desde los patios en donde el helicóptero deja la madera hasta la planta de transformación y en la transformación misma.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Las condiciones de capacitación, la escala de transformación de madera y la extensión de los bosques productivos en América Central no son apropiadas para el uso de helicópteros, con la tecnología y costos actuales.

En esta sección hemos:

- Descrito los métodos de extracción más utilizados en América Central (rendimiento, ventajas, desventajas):
 - Métodos mecanizados:
 - Tractor de orugas
 - Tractor forestal articulado (*skidder*)
 - Tractor agrícola
 - Métodos no mecanizados (cuidados, entrenamiento, rendimientos, ventajas y desventajas):
 - Bueyes
 - Búfalos
 - Mulas
 - Fuerza humana
- Otros métodos potenciales (no utilizados en Centroamérica):
 - Sistemas de extracción con cable
 - Sistemas aéros

6.5 Bibliografía

- Alfaro, M; Aus de Beek, R. 1994. Extracción de madera con cable aéreo: oportunidades y limitaciones en la región centroamericana. Informe de consultoría. Heredia, CR, Recursos Naturales Tropicales (RNT). 48 p.
- Anaya, H; Christiansen, P. 1986. Aprovechamiento forestal; análisis de apeo y transporte. San José, CR, IICA. 246 p.
- Barrantes, FP. 1999. Rentabilidad y beneficios socioeconómicos del manejo extractivista de madera caída (proyecto REMAC), Península de Osa, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 109 p.
- Bruijnzeel, LA; Critchley, WRS. 1994. Environmental impacts of logging moist tropical forests. Paris, France, UNESCO. 48 p. (IHP Humid Tropics Programme Series no. 7).
- Carrera, F. 1993. Rendimientos y costos de las operaciones iniciales de manejo en un bosque primario de la zona atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 91 p.
- _____; Pinelo, G. 1995. Prácticas mejoradas para aprovechamientos forestales de bajo impacto. Turrialba, CR, CATIE/CONAP. 60 p. (Informe Técnico no. 262. Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya no. 1).
- Caterpillar. 1994. Manual de rendimiento de Caterpillar. Peoria, Illinois, EE.UU.
- Conway, S. 1982. Logging practices: Principles of timber harvesting systems. San Francisco, EE.UU. Miller Freeman Publications. 431 p.
- Cordero, W. 1985. Uso de tracción animal en el aprovechamiento forestal. Ponencia presentada en I Congreso Ambiental de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal, Cartago, CR. 28 p.
- _____. 1986. Construcción de alcantarillas en caminos forestales. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Serie Tecnología Apropiada.
- _____. 1988a. Ox-logging: Traditional methods used in Costa Rica. Small Scale Forestry 1/88:12-16.
- _____. 1988b. Entrenamiento de bueyes. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. 33 p.
- _____. 1988c. Utilización del *sulky* en extracción de madera con bueyes. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica.



- _____. 1989. Aprovechamiento forestal. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. 95 p. (Serie de Apoyo Académico no. 8. Versión revisada).
- _____; Howard, A. 1996. Use of oxen in logging operations in rural areas of Costa Rica. In Dykstra DP. ed. 1996, Forest operations for sustainable forestry in the tropics. Proceedings of a symposium organized by IUFRO Subject Group S3.05-00, "Forest operations in the tropics" at the XX IUFRO World Congress, 6-12 August 1995, Tampere, Finland. IUFRO. Viena, Austria. pp 5-12.
- Dykstra, DP; Heinrich, R. 1996. Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO. Roma, IT, FAO. 85 p.
- FAO. 1974. Logging and log transport in tropical high forest. A manual on production and costs. FAO Forestry Development Paper no. 18. Rome, Italy, FAO. 90 p. (También existe en español).
- _____. 1995. Uso de bueyes en operaciones de aprovechamiento forestal en áreas rurales de Costa Rica. Roma, Italia, FAO. 41 p. (Estudio Monográfico de Explotación Forestal no. 3).
- _____. 1997. Environmentally sound forest harvesting. Testing the applicability of the FAO Model Code in the Amazon in Brazil. Forest harvesting case-study. Rome, Italy, FAO. 78 p.
- Frutig, F. 1993. Extracción con cables aéreos en los robledales de altura en Costa Rica. Informe de consultoría traducido por R. aus der Beek. Proyecto CATIE/COSUDE/MINAE. 34 p.
- Henderson, J. 1990. Damage-controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname. Agricultural University Wageningen, Wageningen, Países Bajos. 204 p.
- Kapp, GP; Kremkau, K; Dixon, F. 1991. Manejo sostenido de bosques en fincas privadas de los trópicos húmedos. El Chasqui no. 26: 5-24.
- Méndez, J. 1996. Determinación de la rentabilidad financiera del manejo del bosque natural en la zona norte de Costa Rica, en fincas propiedad de asociados de CODEFORSA. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 88 p.
- Migunga, GA. 1996. Tropical forest soil compaction: effects of multiple log skidding tractor passes on surface soil bulk density at Sao Hill, Tanzania. In Dykstra, D P. ed. 1996. Forest operations for sustainable forestry in the tropics. Proceedings of a symposium organized by IUFRO Subject Group S3.05-00, "Forest operations in the tropics" at the XX IUFRO World Congress, 6-12 August 1995, Tampere, Finland. IUFRO. Vienna, Austria. pp 1-3.
- Obando, G. 1997. Evaluación del desempeño de un diseño de vías de transporte menor asistido por computadora para el aprovechamiento selectivo de guácimo (*Goethalsia meiantha*) en un bosque húmedo tropical de tierras bajas ubicado en Sarapiquí, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 105 p.
- Posas, A. 1998. Factores que facilitan la adopción de la motosierra con marco como tecnología de aprovechamiento forestal: estudios de caso con productores que manejan bosques comunales, zona norte de Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 117 p.
- Rodríguez, H. 1996. Rendimientos e impactos de las intervenciones silviculturales en un bosque nuboso: estudio de caso Villa Mills, Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 104 p.
- _____; Louman, B. 1997. Productividad de tala y arrastre en Villa Mills. In Semana Científica CATIE (3, 1997. Turrialba, CR) Turrialba, CR, CATIE. pp 139-142.
- Sabogal, C; Castillo, A; Carrera, F; Castañeda, A. 2001. Aprovechamiento forestal mejorado en bosques de producción. Estudio de caso Los Filos, Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, CR. 57 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 323. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 21).
- Sessions, J; Heinrich, R. 1993. Chapter 21: Harvesting. In Pancell, L. ed. 1993. Tropical Forestry Handbook, Vol II. Berlin, Alemania, Springer Verlag. pp 1325-1424.
- Travisany, G; Ambroggi, R; Cisneros, N. 2002. Comercialización de madera en la zona de amortiguamiento de la Reserva Indio-Maíz, Nicaragua. Turrialba, CR, CATIE. 43 p.
- Venegas, G; Louman, B. 2001. Aprovechamiento de impacto reducido como tratamiento silvicultural en un bosque montano de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 55 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 325. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 23).
- _____; Tanner, H. 1991. Ensayo con bueyes en la extracción de diferentes tamaños de tucas en el área piloto experimental de Villa Mills. Informe técnico interno. Turrialba, CR, Proyecto CATIE/COSUDE/MINAE. 5 p.
- Verissimo, A; Barreto, P; Mattos, M; Tarifa, R; Uhl, C. 1992. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. Forest Ecology and Management 55: 169-199.
- _____; Barreto, P; Tarifa, R; Uhl, C. 1995. Extraction of a high-value natural resource in Amazonia: the case of mahogany. Forest Ecology and Management 72: 39-60.

Capítulo 7

Transporte mayor

- 7.1 Introducción
- 7.2 Selección del modo de transporte
 - 7.2.1 Costo
 - 7.2.2 Impacto ambiental
 - 7.2.3 Producto
 - 7.2.4 El transporte y la ubicación de plantas procesadoras
- 7.3 Transporte terrestre
 - 7.3.1 Operación de carga
 - 7.3.2 Operación de transporte
 - 7.3.3 Operación de descarga
- 7.4 Transporte fluvial
- 7.5 Bibliografía

Fernando Carrera
Bastiaan Louman



El transporte mayor es el traslado de la madera extraída, generalmente desde los patios de acopio en el bosque hasta los centros de transformación primaria o secundaria.



7.1 Introducción

El transporte de la madera desde el bosque hasta la planta procesadora (comúnmente conocido como transporte mayor) es uno de los componentes del aprovechamiento de madera en los trópicos que ha recibido menor atención, a pesar de ser el que más implicaciones tiene en cuanto a costos. El transporte mayor es el traslado de la madera extraída, generalmente desde los patios de acopio en el bosque hasta los centros de transformación primaria o secundaria. En este proceso hay muchas oportunidades para mejorar la eficiencia y reducir las pérdidas de madera y mejorar el flujo de ingresos. En Centroamérica, la forma más común de transportar la madera que sale del bosque es por medio de camiones de plataforma llamados ‘tronqueros’ de uno o dos ejes, e incluso hasta ‘trailers’.

En algunas regiones de Nicaragua y Honduras con dificultades de acceso terrestre, la madera es transportada por vía acuática aprovechando la red fluvial existente. No obstante, al alejarse de los ríos los sitios de cosecha y aumentar la red terrestre de vías de comunicación (ver ‘Contexto del aprovechamiento’ en Capítulo 1), el transporte de madera por río ha ido cediendo paso al transporte por carretera. En la mayoría de los casos en América Central, son empresas especializadas o transportistas privados quienes prestan el servicio de transporte.

En general, en Centroamérica el transporte de la madera rolliza se realiza por vía terrestre, fluvial o una combinación de las dos. No existen experiencias de transporte aéreo, por medio de globos o helicópteros. Existen experiencias de transporte por ferrocarril pero no están documentadas. La mayor parte del volumen transportado es por vía terrestre, en un ciclo que comprende básicamente las operaciones de carga y descarga y el transporte propiamente dicho. En este capítulo desarrollaremos la selección del modo de transporte que se debe utilizar según las condiciones del área y los recursos disponibles, así como las operaciones básicas del ciclo de transporte (carga, transporte, descarga). Nuestras apreciaciones se basan en las prácticas recomendadas en el Código Modelo de Prácticas de Aprovechamiento Forestal de la FAO, elaborado por Dykstra y Heinrich (1996) y adaptadas a la región. También analizaremos brevemente el transporte de la madera por río en algunos sitios de la región centroamericana.

7.2 Selección del modo de transporte

El transporte tiene como **objetivo** llevar la madera desde el bosque hasta las plantas procesadoras en forma eficiente y segura, garantizando un flujo rápido y continuo de madera, sin deterioro del producto y sin poner en riesgo la seguridad de las personas. El transportista tiene que llevar el producto correcto al lugar correcto en el momento correcto por un precio justo (Christie 1995). El Cuadro 7.1 demuestra que el producto, lugar, momento y precio pueden variar mucho entre diferentes sitios. En todos estos casos, sin embargo, el transporte requiere igual o hasta ocho veces la inversión de la extracción de la madera, dependiendo de la distancia y la calidad de los caminos.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Es evidente, entonces, que cualquier ahorro que se logre hacer en el transporte influirá directamente en el costo de la materia prima puesta en el aserradero. En la zona norte de Costa Rica, el transporte es la operación que más valor agrega a la madera a partir de la corta hasta el aserradero (Quirós y Gómez 1998).

Cuadro 7.1 Costo del aprovechamiento de la madera en rollo (US\$/m³) en seis sitios de bosque neotropical. No se incluye la fase de planificación y el pago de trámites. Valores no actualizados a un solo año base

Rubro de gasto en la actividad extractiva	Bajo Amazonas		Paragominas		Caoba en Brasil		Caoba en Honduras		Nicaragua		Guatemala	
	Costo de la actividad (US\$/m ³)	Porcentaje del costo total	Costo de la actividad (US\$/m ³)	Porcentaje del costo total	Costo de la actividad (US\$/m ³)	Porcentaje del costo total	Costo de la actividad (US\$/m ³)	Porcentaje del costo total	Costo de la actividad (US\$/m ³)	Porcentaje del costo total	Costo de la actividad (US\$/m ³)	Porcentaje del costo total
Monteo y extracción	18,00		10,87 ^c		28,40		10,08		7,31		20,90	
Transporte (100 km)	30,00 ^b	37	8,23 ^d	53	55,90 ^e	33	88,13	8	14,62 ^f	23	27,50	41
Impuestos	nd	63	1,54	40	3,00	64	33,05	67	10,12	46	2,82	54
				7		3		25		31		5
Total extracción y transporte	48,00		20,64		87,30		131,26		32,05		51,22	

a) Transporte de madera aserrada en bloque con motosierra (Posas 1998), transporte en mula (4,5 h), pick-up (16 km), y camión (550 km)

b) En la práctica prefieren usar barcazas y balsas para estas distancias por su menor costo

c) Cosecha de 38 m³/ha

d) Transporte de 160 km sobre caminos relativamente buenos

e) Transporte de 320 km; también construyeron 100 km de camino con un costo adicional de US\$20/m³ pero no está incluido aquí

f) Transporte de 25 km sobre caminos estacionales

Fuentes: Barros y Uhl 1995 (Bajo Amazonas, Brasil); Verissimo *et al.* 1992 (Paragominas, Brasil); Verissimo *et al.* 1995 (caoba en Brasil); Venegas 2001 (caoba en Honduras); Travisany *et al.* 2002 (Río San Juan, Nicaragua); Sage 1997 (Petén en Guatemala).

El transportista tiene que llevar el producto correcto al lugar correcto en el momento correcto por un precio justo.

Por el alto costo y las diferencias entre modos de transporte es necesario hacer una buena selección del tipo de transporte y vehículo a utilizar (Alarcón y Campos 1989). El **costo** y el **impacto ambiental** deben ser cuidadosamente evaluados en esta selección, ya que se relacionan con el sitio del aprovechamiento y el camino por donde se debe transportar la madera. Un tercer factor importante es el **producto** mismo que se transporta. Además, en operaciones nuevas, la **ubicación de la planta procesadora** puede influir mucho en la eficiencia del transporte y la selección del modo de transporte. En los acápites siguientes abordaremos en detalle cada factor y los lineamientos que deben guiar las operaciones de transporte.

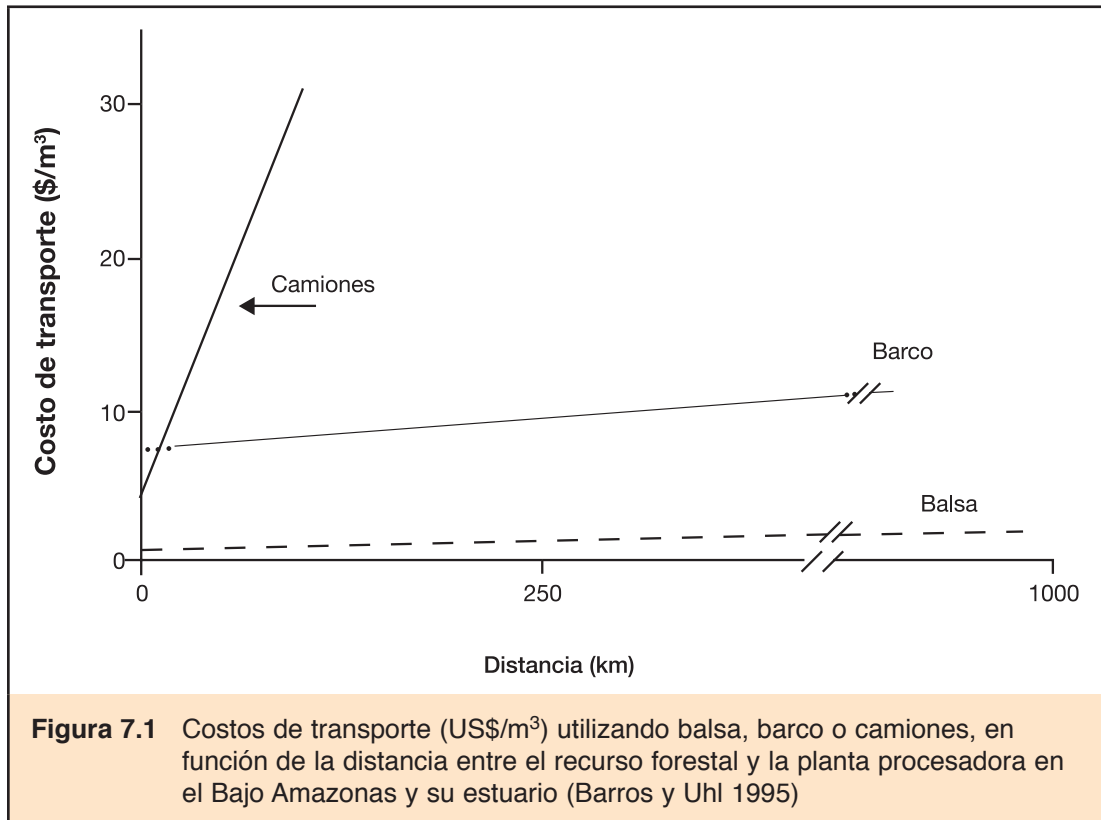
7.2.1 Costo

El costo de transporte aparentemente es afectado por la distancia y la calidad de la red vial: el mayor costo se da con las distancias mayores (p.ej. caoba en Honduras y Brasil, según Cuadro 7.1) y el menor costo con una buena red vial (Paragominas (Cuadro 7.1) y Cardoso (1994)). El tipo de transporte también afecta los costos. La Fig. 7.1 muestra cómo la distancia y el tipo de transporte afectan el costo total del transporte por metro cúbico de madera en el Bajo Amazonas de Brasil.

El costo de transporte de madera es determinado por el tipo de transporte, la distancia y la calidad de la red vial.



El uso de **balsas** requiere menos inversión inicial (costo terminal independiente de la distancia, equivalente al costo indicado a distancia 0), seguido por el transporte en camiones y luego en barco. Las balsas parecen siempre la alternativa económica más atractiva; sin embargo, esta forma de transporte se ve limitada por el tipo de madera que se puede llevar (hasta 50% de la cosecha puede ser de especies que no flotan, según FAO 1974); además, los costos ocasionados por pérdida de madera en el camino pueden ser altos. En una operación de manejo forestal comunitario en Honduras se perdió una balsa con unos 9000 pies tablares por causa de mal tiempo (Caballero, com.pers¹).



Comparando el uso de **barco** y **camiones**, pareciera que los camiones son más atractivos durante los primeros 10 a 12 kilómetros, pero después gana el barco; principalmente por el tamaño de la carga (los camiones llevaban un promedio de 14,0 m³ por viaje, el barco 270 m³). En cada caso, las inversiones son en el vehículo (el camión o el barco) y la infraestructura necesaria para cargar y descargar el vehículo.

En muchas ocasiones, no es posible comparar estos modos de transporte por la falta de carreteras, lo que limita el transporte a los ríos; o en caso contrario, por no tener acceso a ríos navegables, lo que limita el transporte a las carreteras. Además, los costos de transporte fluvial y ferroviario son más difíciles de proyectar, por la necesidad de combinarlo con otros modos de transporte, lo que requiere carga, descarga y almacenamiento adicional, y garantizar la coordinación entre los diferentes modos de transporte. Las tarifas del transporte en ferrocarril y fluvial también pueden ser afectadas por políticas del gobierno y, por ende, no necesariamente reflejan el costo real del transporte. El principio de diferencias de costos indicado en la Fig. 7.1, sin embargo, también vale para comparaciones entre otros modos de transporte, quizás más parecidos.

¹ M. Caballero, Coordinador Nacional del Proyecto CATIE-TRANSFORMA, La Ceiba, Honduras, 1998



La decisión sobre qué tamaño de camión usar debe evaluar aspectos como condiciones de sitio, tamaño del producto y distancia.

Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Por ejemplo, los camiones de carga grandes requieren de una inversión mayor, pero el costo por kilómetro y por metro cúbico será más bajo (Cardoso Machado 1994). Entonces, a partir de cierta distancia puede ser más atractivo utilizar camiones de mayor tamaño. Por otro lado, en terrenos quebrados el tamaño de los camiones debe ajustarse a la calidad del camino y la capacidad de subir cuestas cargados (FAO 1974). Los terrenos pueden ser tan quebrados que no se justifica el uso de camiones, ya sea porque la inestabilidad del terreno hace que el costo de construcción de caminos sea demasiado alto (por ejemplo, en los bosques latifoliados de la costa norte de Honduras), o porque los caminos tienen muchas curvas que dificultan el tránsito de camiones grandes. También el clima debe tomarse en cuenta. Si la probabilidad de lluvias es grande, es mejor utilizar camiones pequeños y no cargarlos a su capacidad, para que sean más manejables en terreno húmedo.

El costo de establecer la infraestructura generalmente limita el transporte por ferrocarril, particularmente donde las intensidades de cosecha son bajas a medianas, como en América Central. Una vez establecida y pagada la infraestructura ferroviaria, esta forma de transporte puede ser mucho más barata que el transporte con camiones. Actualmente hay muy poco potencial para este transporte en América Central. Quizás se podría pensar en usarlo en los lugares donde se transporta el banano por ferrocarril; el problema es que donde hay banano ya no hay bosques.

En Costa Rica desde la creación del ferrocarril y hasta 1991 se transportaba madera rolliza desde la zona atlántica hasta el valle central; de manera relevante en las décadas de los años 60, 70 y 80 fue común el transporte de madera (principalmente la especie nativa -*Prioria copaifera*) para abastecer la industria de *plywood*. Este transporte se realizó por mucho tiempo y en cantidades importantes desde Milla 5 en Limón hasta Colima de Tibás en San José. También se transportó madera desde Guápiles y Limón (principalmente laurel -*Cordia alliodora*) para ser procesada en aserraderos ubicados en Turrialba, Cartago y San José (J. Pérez com. personal)²

7.2.2 Impacto ambiental

La construcción de un patio intermedio agiliza el transporte y reduce el impacto ambiental.

El transporte de trozas en camiones durante **épocas secas** tiene poco impacto en el medio ambiente. La mayor parte de los daños son consecuencia de la construcción de caminos (capítulos 4 y 12) y del transporte durante periodos de lluvia en sitios no adecuados. Por lo general, el transporte debe limitarse a condiciones secas en lugares adecuados; sin embargo, es posible ajustar el modo de transporte a las condiciones locales. Por ejemplo, si el transporte principal se realiza con camiones de hasta 40 toneladas, estos no deben entrar en terrenos quebrados, ni durante la época de lluvias. No obstante, se podría organizar el transporte de tal forma que se construya un **patio intermedio**, a donde se lleva la madera desde el bosque con camiones pequeños, mejor adaptados a terreno difícil (hasta podría ser con tractores especiales). Los camiones grandes llegan hasta este patio intermedio (también llamado patio de todo tiempo) para llevar la madera a su destino final; por eso, el patio debe ubicarse bien, conectado a buenas carreteras y fuera del bosque o en el borde mismo de la unidad de manejo. Es sumamente importante planificar y organizar bien la carga y descarga de los camiones en este patio.

² Jorge Evelio Pérez Mata, exfuncionario de Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER). 2005.

Transporte Mayor

El transporte de la madera por **vía fluvial** es más propenso a causar impactos al medio ambiente. Los sitios de embarque y desembarque requieren de cuidados especiales para evitar la contaminación de los ríos. Con este sistema, las trozas de maderas pesadas se transportan en barcazas o chatas; las de menor densidad se agrupan en balsas o atados que son remolcados hasta los puertos o desembarcaderos desde donde son transportadas en camiones hasta los centros de transformación industrial.



7.2.3 Producto

El modo de transporte también depende del tipo de producto y viceversa. Por ejemplo, en los terrenos con pendientes altas y suelos inestables de los bosques de la costa norte de Honduras solo se puede entrar con mula, ya que la construcción de caminos adecuados para estas condiciones requiere de inversiones muy grandes. En este caso, el **transporte define el producto**, ya que las mulas transportan tablas o bloques de hasta 20 pies tablares. En la zona de amortiguamiento de la Biosfera Río Plátano en Honduras, se da una situación similar: en primera instancia las mulas transportan bloques de hasta 20 pies tablares a distancias mínimas de 7 km que posteriormente son transportados en *pick up* por caminos estrechos y de altas pendientes hasta llegar a lugares adecuados (patios de acopio) para el transporte en camión. En estos ejemplos el producto es de especies bien cotizadas en el mercado (alto valor y demanda) para asegurar una buena rentabilidad (*Magnolia yoroconte* y *Swietenia macrophylla* respectivamente). El tener que ajustar el producto al modo de transporte, generalmente se da en situaciones donde la capacidad de inversión es baja, como las pequeñas y medianas empresas. Alianzas estratégicas con otras empresas pequeñas de transporte o aprovechamiento o con la industria procesadora podrían ayudar a superar esta situación.

Modo de transporte y producto se influyen y determinan mutuamente.

El uso de balsas es un buen ejemplo de **ajuste del transporte al producto**: las balsas corrientes se hacen con maderas livianas; sin embargo, es posible incorporar también trozas más pesadas, atadas con cables a las trozas livianas que le rodean.

La madera aserrada o en bloques se puede llevar en muchas formas: atada a canoas, en barcazas o barcos, en mula, en camiones *pick-up* o en camiones grandes. La madera en troza requiere un transporte más acorde a su tamaño.

7.2.4 El transporte y la ubicación de plantas procesadoras

Desde el punto de vista económico, se busca transportar sólo los **productos útiles**; o sea, hay que evitar el transporte de materiales que luego se botan como desperdicios. Con buenas condiciones de transporte, los aserraderos sencillos deberán estar más cerca al recurso forestal porque su rendimiento es relativamente bajo y, entonces, se busca reducir el transporte de trozas a favor del transporte de madera aserrada.

En la ubicación del aserradero hay que evaluar la posibilidad real de sacar un producto de calidad y los riesgos inherentes al transporte del producto.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

La decisión de dónde ubicar las plantas procesadoras, entonces, debe considerar el transporte, para lograr una mayor eficiencia del transporte con base en la distancia. Estas decisiones también tienen que tomar en cuenta las facilidades para sacar un producto de alta calidad y los riesgos de pérdidas o daños al producto en el camino. En el primer caso, se necesita **personal capacitado y equipo** sofisticado para una producción de alta calidad. Significa que no sólo se deberá transportar la madera, sino también personal y equipo. Ya que su transporte es más delicado y más caro (hay que pagar al personal su salario durante el viaje), las plantas procesadoras más sofisticadas generalmente se encuentran alejadas del recurso forestal y más cerca de los centros de población.

De igual manera, cuando el riesgo de **daños o pérdidas** de producto es relativamente grande, como en el caso de transporte sobre terreno difícil, es preferible reducir la distancia de transporte del producto acabado, porque su pérdida será más grande en términos monetarios que la pérdida de la materia prima.

Donde la ubicación de la planta procesadora está más obviamente relacionada con el transporte es en el caso de transporte fluvial: ubicaciones a la orilla de un río favorecen mucho este tipo de transporte.

En esta sección hemos:

- Establecido el objetivo del transporte mayor.
- Detallado los factores que influyen en el transporte mayor y los lineamientos que deben seguir:
 - Costo
 - Impacto ambiental
 - Producto
 - Ubicación de plantas procesadoras

7.3 Transporte terrestre

Generalmente la madera es transportada en forma rolliza; es decir, en trozas, por medio de camiones de plataforma conocidos como ‘tronqueros’ y ‘trailers’ que transportan entre 4 y 40 m³ de madera rolliza (de mil a 10 mil pies Doyle) (Fotos 7.1 y 7.2). En algunas regiones se extrae la madera ya aserrada o en bloques para facilitar el transporte y utilizar una gama mayor de alternativas, como carretas jaladas por tractores o bueyes, camionetas *pick up* o camiones de menor tonelaje (Foto 7.3).

Fotos: Geoffrey Venegas y Hans Tanner.



Fotos 7.1 Camiones tronqueros cargados de madera en rollo en Villa Mills, Costa Rica y Río Blanco, Matagalpa, Nicaragua.

Foto: David Quirós.



Foto 7.2 Camión trailerero transportando madera en troza de gran dimensión (*Ceiba pentandra*) en una carretera nacional en Costa Rica.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 7.3 *Pick up* cargado con madera procesada camino a la industria

El ciclo de transporte terrestre consta de tres operaciones básicas: la operación de carga, el transporte propiamente dicho y la descarga. A continuación describiremos cada una de estas prácticas.

7.3.1 Operación de carga

La operación de carga de camiones en el bosque se realiza en los **patios de carga**, también llamados patios de acopio, de montaña, o “bacadillas”. En este sitio se almacenan temporalmente las trozas durante el proceso de extracción. En Centroamérica, los patios de carga son claros abiertos en el bosque en lugares relativamente planos. Pocas veces su construcción obedece a diseños adecuados que garanticen la seguridad y protección del personal, así como a medidas que permitan reducir el impacto al bosque y a los cursos de agua y el deterioro de las trozas. Es común encontrar patios sobredimensionados y madera dispersa mal apilada.

El tiempo es la limitación principal de las operaciones de carga.

La operación de carga es la actividad que más **tiempo muerto** ocupa, particularmente cuando las distancias de transporte son relativamente cortas y/o los camiones tienen que esperar su turno de carga. En una operación en Guatemala, con distancias de transporte de alrededor de 100 km, observamos que hasta una docena de camioneros privados llegaron temprano al bosque para recibir su carga, en aparente competencia por ser los primeros en ser cargados. Para los últimos, el tiempo de espera ocupó el día completo. Igual puede ocurrir si el equipo de carga está descompuesto, o cuando la llegada de madera al patio está desfasada con el transporte mayor. Tales atrasos afectarán, en primera instancia, al transportista que pierde su tiempo durante la espera, pero también a las plantas procesadoras si significa que la madera no llega a tiempo y la planta se queda sin materia prima. Es importante que estas plantas tengan su propio patio de acopio, donde almacenar suficiente materia prima para algunos días.

Transporte Mayor

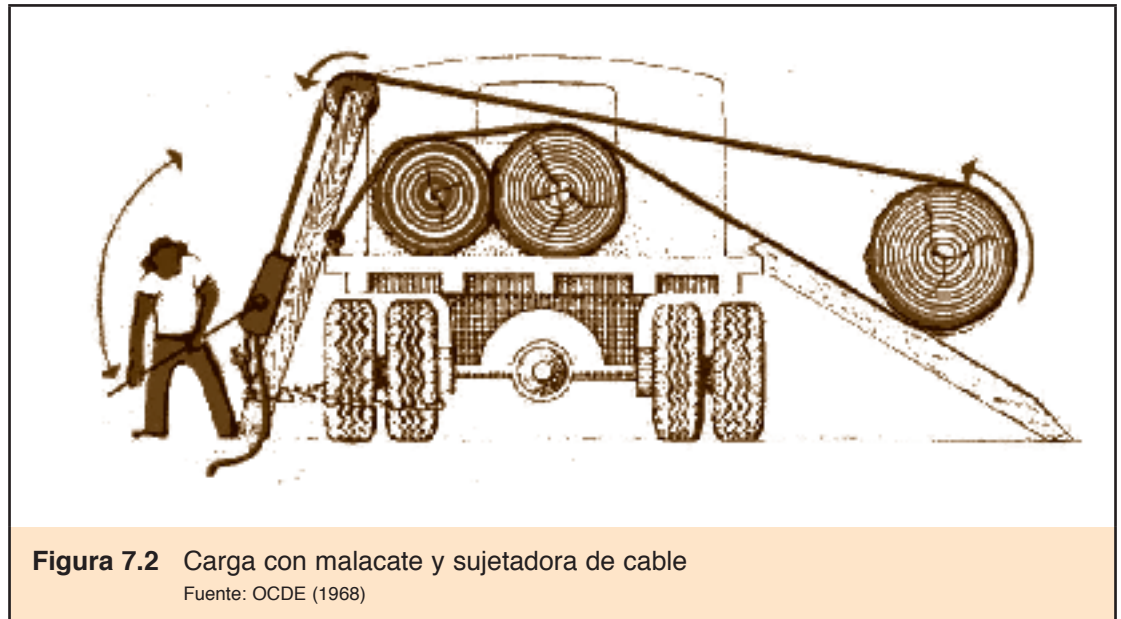
Es necesario lograr una buena **planificación del transporte y coordinación** de las actividades de extracción, carga y descarga para evitar los atrasos mencionados. Esta planificación debe incluir un esquema de mantenimiento e insumos de la maquinaria y camiones, métodos de supervisión a los operadores y buenas formas de comunicación. El contar con una radio, por ejemplo, puede reducir de manera significativa el tiempo de espera si hubiera problemas mecánicos: uno puede avisar de inmediato a la empresa/taller del problema y hasta hacer un primer diagnóstico por radio.

El contar con **cargadores frontales** para cargar los camiones disminuye el riesgo de accidentes y facilita el acomodo de las trozas, y a la vez reduce los tiempos de carga y espera (Foto 7.4). Muchas veces los bajos volúmenes no justifican la presencia de cargadores frontales, por lo que los extractores se ven obligados a realizar la operación de carga con la misma maquinaria utilizada para el arrastre, auxiliados por rampas o plataformas. Las plataformas o rampas se construyen en bajo o alto relieve y con la pala del tractor se van colocando las trozas sobre la plataforma del camión. Una operación de carga con cargador tarda entre 10 y 25 minutos, pero con una máquina de arrastre se puede durar entre 45 y 90 minutos, o hasta varias horas, en casos excepcionales, dependiendo del tamaño y número de trozas, tamaño del camión y habilidad del tractorista. Esta actividad también se puede hacer de forma manual con la ayuda de palancas o varas de maderas, perros de carga y malacates de carga (ver Fig. 7.2).



Foto: Bastiaan Louman.

Foto 7.4 Cargador frontal en plena actividad de carga. Es la máquina más eficiente para estas labores.



Las trozas se colocan en la plataforma en posición longitudinal y se aseguran con cuñas y cadenas que se ajustan con un *winche* manual. El **volumen por viaje** varía con la capacidad de carga del camión, peso de la madera, dimensiones de las trozas y calidad de los caminos por recorrer. El número de trozas por carga es muy variable (de 1 a 20) pues depende de las dimensiones. Los largos de troza más frecuentes varían entre 3,5 y 5 metros, dependiendo del largo de la plataforma.

El uso de maquinaria pesada para el transporte y carga, así como la ausencia de normas mínimas de construcción y manejo, hacen que los patios se conviertan en poco tiempo en lodazales que difícilmente se regeneran adecuadamente debido a la compactación del suelo. Por lo general, los camiones entran al patio de montaña y tienen que realizar varias maniobras para quedar en una posición adecuada para cargar; después un tractor les ayuda a salir para evitar que se atasquen. Son pocos los sitios donde el patio tiene entrada y salida, de modo que los camiones no tengan que realizar maniobras en espacios reducidos.

Para la operación de carga de camiones se recomienda seguir las siguientes prácticas, las cuales constituyen adaptaciones del Código de Manejo de Prácticas de Aprovechamiento de la FAO (Dykstra y Heinrich 1996) para la región centroamericana:

- El **diseño y ubicación** de los patios de montaña debe realizarse cuando se planifica la red vial. Los patios de montaña son parte de la red vial y su ubicación debe considerar los caminos secundarios a partir de los cuales se transporta la madera en camiones. La distancia entre los patios debe responder a un análisis de alternativas que tenga por objetivo la disminución del costo total de la operación de aprovechamiento. Los tractores forestales articulados permiten distancias de arrastre mayores que los tractores de orugas y estos, a su vez, mayores que la tracción animal. Por ejemplo, en El Petén, Guatemala, en algunas concesiones donde se aprovechan alrededor de 5 m³/ha y se utilizan tractores articulados, se construyen patios de montaña cada mil metros.



- Cuando sea posible, los patios de montaña deben ubicarse en zonas de **pendiente liviana** (2%) para evitar el estancamiento, reducir la erosión de los suelos y facilitar el tráfico de la maquinaria pesada. Para evitar la contaminación de las fuentes de agua, los patios de montaña deben tener drenajes que desemboquen en la vegetación circundante, nunca en los cursos de agua. En todo caso, se recomienda que la distancia máxima entre los cargaderos y los cursos de agua sea de 30 m o más cuando el terreno es empinado.
- Los patios de montaña deben tener la **menor extensión posible** que permita desenganchar las trozas del equipo de arrastre, clasificarlas, trocearlas y almacenarlas temporalmente, y luego cargarlas en los camiones u otros vehículos de transporte. Los patios muy pequeños pueden ocasionar accidentes. El tamaño de los patios depende en gran medida del volumen de madera por almacenar. El Código Modelo de la FAO recomienda patios con una extensión de 500 a 1000 m². Una operación bien planificada de la Empresa Precious Woods en Brasil construyó patios de 40 m x 40 m (1600 m²) para almacenar 1200 m³ de madera rolliza (FAO 1998). El tamaño de los patios, sin embargo, debe de establecerse tomando en cuenta la intensidad de aprovechamiento y el número de patios de un tamaño específico. En operaciones intensivas puede ser mejor establecer pocos patios grandes que muchos pequeños. Por otro lado, en bosques con terrenos quebrados puede ser mejor establecer más patios pequeños. En Centroamérica se tiende a sobredimensionar los patios de montaña, muchos de los cuales superan los 5000 m². Si la madera es apilada correctamente no hay necesidad de tener patios muy grandes.
- En los patios de montaña deben especificarse con claridad los **lugares reservados** para las diferentes máquinas y tipos de actividad. Debe haber un sitio de espera para los camiones, un área para trozado, un área de apilado de madera y un espacio para cargar los camiones. Después de la operación de tala, la operación de carga es la más peligrosa en el aprovechamiento forestal; por eso debe restringirse la presencia de gente al personal indispensable, quienes deberán respetar todas las medidas de seguridad.
- Los patios de montaña por lo general son los sitios preferidos para el mantenimiento de la maquinaria y para guardar las reservas de aceite y combustible para la maquinaria (Foto 7.5). Es necesario adoptar **precauciones** para impedir el derrame de combustibles y lubricantes durante las operaciones de mantenimiento de la maquinaria (ver Capítulo 8).



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 7.5 Patio de montaña en El Cascal, Nicaragua. Se observa camión abasteciéndose de combustible.

- Los **tiempos de carga** de camiones deben planificarse adecuadamente para evitar pérdidas a los camioneros. Para protegerse, los camioneros incluyen el tiempo de espera en el costo del transporte, lo que tiende a encarecerlo aún más. Un viaje corto de 20 km puede durar todo el día si hay que esperar largas horas para cargar el camión. Esta situación tiende a agravarse cuando la máquina de arrastre es la misma que realiza el carguío.
- Generalmente la operación de transporte mayor se restringe a dos o tres meses al año, cuando los caminos están lo suficientemente secos para permitir el tránsito sin problemas de la maquinaria pesada. Esta carrera contra el tiempo obliga a trabajar aún en horas de la noche. En este caso, es indispensable instalar **sistemas adecuados de iluminación** para garantizar la seguridad del personal.
- Antes de que los camiones inicien el viaje cargado es necesario **revisar** para asegurarse de que las trozas estén correctamente colocadas y aseguradas en el vehículo y los neumáticos y frenos en buenas condiciones. Por ningún motivo se debe permitir que personas viajen encima de las trozas.
- Una vez finalizado el transporte de la madera, deben adoptarse las medidas necesarias para **rehabilitar los patios de montaña** (ver también Acápite 8.3). En operaciones con ciclos más cortos que el tiempo necesario para que las plántulas vuelvan a crecer hasta tamaños aprovechables no se recomienda reforestar los patios, ya que lo mejor será utilizar los mismos en las siguientes cosechas. En este caso, lo ideal es facilitar una rápida regeneración natural del patio para proteger el suelo del sol y de la lluvia y recuperar su capacidad de infiltración y almacenamiento de agua. Una alternativa puede ser pasar una rastra o subsolador para descompactar los suelos. En la zona norte de Costa Rica se han sembrado plantas herbáceas para obtener una cobertura rápida. Ahora bien, si no se piensa reutilizar los mismos patios, o si los ciclos de corta son más largos que el tiempo necesario para lograr la madurez de árboles regenerados, vale la pena pensar en actividades de reforestación con especies maderables.

Otra práctica indispensable después de acabar con las labores de saca es **eliminar todos los restos** de cables, cilindros de combustible, envases de plástico y cualquier otro producto no biodegradable (ver Acápite 8.6).



7.3.2 Operación de transporte

Después de que el camión esté correctamente cargado, con las trozas bien aseguradas con cadenas, empieza el transporte de la madera hacia los centros de transformación. Las distancias de transporte en Centroamérica son muy variables: en algunas concesiones en El Petén el aserradero está dentro de la unidad de manejo, en tanto que algunas industrias en Managua procesan la madera proveniente de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), a más de 400 kilómetros de distancia.

Es necesario tomar medidas para **evitar accidentes** que pongan en peligro la seguridad del transportista y del público en general. Es muy común en Centroamérica encontrar camiones en mal estado que transportan madera, con lo que se pone en grave riesgo la seguridad ciudadana. Un aspecto importante que no se debe descuidar es el **tráfico en caminos temporales** cuando el terreno está húmedo para evitar la formación de pegaderos o atolladeros que dañan el camino y elevan los costos de transporte y mantenimiento, además de que aumenta la depreciación de la maquinaria.

El Código Modelo de Prácticas de Aprovechamiento Forestal de la FAO (Dykstra y Heinrich 1996) recomienda tener en cuenta los siguientes cuidados durante el transporte mayor de la madera:

- El **mantenimiento de los caminos** debe ser una actividad permanente, especialmente cuando el transporte se realiza con camiones pesados. Cuando no hay un trabajo adecuado de mantenimiento, los caminos tienden a deteriorarse, aumenta la erosión y los problemas de seguridad. En el Capítulo 4 se hace un desglose de las actividades más relevantes para el mantenimiento de los caminos forestales.
- Las operaciones de transporte deben ajustarse a la **capacidad de carga de los caminos** para reducir los daños al mínimo. Por ejemplo, en los caminos forestales y patios de carga que no tengan una cubierta de grava, el tránsito de camiones debe interrumpirse durante la época lluviosa o cuando se presenten lluvias ocasionales. Sólo se debe permitir el tránsito cuando el camino esté seco. Otro detalle importante es el cruce de puentes temporales con camiones que llevan un peso mayor de lo que el puente puede soportar; con ello se pone en riesgo la seguridad de los transportistas y de la carga.
- El **peso de la carga** de los camiones debe determinarse no sólo en función de la capacidad del camión (que depende de su potencia, sistema de suspensión, transmisión, distancia entre ejes y sistemas de frenos), sino de la capacidad de los caminos por donde debe circular y de las estructuras de drenaje. Este tipo de información se ha de tener en cuenta para elegir los camiones que deben circular por una zona determinada.

La operación de transporte debe garantizar la entrega de las trozas sin deterioro de su calidad y en el menor tiempo posible.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- Cuando el transporte con camiones debe realizarse por **caminos de resistencia escasa**, hay que pensar en la posibilidad de utilizar neumáticos de baja presión, o instalar en los camiones sistemas centrales de inflado de los neumáticos. Estos sistemas disminuyen el daño a la estructura de caminos y aumentan la vida útil del vehículo.
- El transporte de trozas en **distancias largas** obliga a circular por carreteras públicas o zonas muy pobladas. Por lo tanto, es muy importante la seguridad y la imagen que el tráfico maderero proyecte en el público. Los camiones madereros deberán ser conducidos por conductores bien preparados y provistos del permiso correspondiente, quienes deberán respetar en todo momento las leyes de tránsito.
- La carga de los camiones debe **equilibrarse** adecuadamente y **asegurarse** mediante sujeciones que impidan que las trozas puedan caer del camión si la carga se desplaza durante el trayecto.
- Los camiones no deben llevar nunca una **carga excesiva**. Cuando sea posible, deben estar equipados con pilas piezoeléctricas, de manera que pueda comprobarse el peso total de la carga y su distribución en los diferentes ejes. La sobrecarga frecuente de los camiones resulta en mayores gastos de mantenimiento, tanto de los caminos como de los camiones (por ejemplo, las llantas se desgastan más rápidamente), mayor tiempo muerto de los camiones y mayor duración del viaje, porque el chofer prudente viaja a menor velocidad con mayor carga.
- **Los frenos y los elementos mecánicos** de los vehículos utilizados para el transporte de trozas deben inspeccionarse periódicamente y mantenerse en condiciones óptimas.
- Para reducir el ruido y la **contaminación atmosférica**, los camiones deben estar provistos de silenciadores y tubos de escape apropiados.
- Cuando los camiones pernocten o permanezcan mucho tiempo en el bosque, la zona de espera debe estar alejada de los cursos de agua y con alguna forma de aislamiento para **impedir** que el combustible u otros contaminantes derramados penetren en los arroyos o en la capa freática.
- Hay que poner **señales de advertencia** en las carreteras por donde circulan camiones madereros, especialmente en los lugares de ingreso de los camiones.
- Los camiones deben estar provistos de **guardabarros anchos** que impidan que las piedras u otros objetos potencialmente peligrosos sean lanzados contra los vehículos que le siguen.
- En los períodos secos, se debe controlar la **acumulación de polvo** en los caminos forestales para garantizar el tránsito seguro de todos los vehículos y la comodidad y seguridad de la población que vive en las proximidades.
- Para garantizar el máximo aprovechamiento de la madera talada, las trozas deberán ser marcadas una por una en el bosque. Luego en el punto de carga y de entrega deberán comprobarse las hojas de marcado y recuento.

7.3.3 Operación de descarga

La operación de descarga se hace en los patios de trozas de las industrias, con ayuda de cargador frontal u otra maquinaria. Para esto se sueltan las cadenas, se sacan las cuñas y la maquinaria empuja las trozas y las ubica en el lugar adecuado.

Cuando no se dispone de maquinaria para esta operación, el transportista recurre a la práctica común de soltar las cadenas, quitar las cuñas y colocar tacos debajo de uno de los pares de las llantas traseras. Luego, se da marcha atrás para hacer que las llantas se monten sobre los tacos, con lo que se consigue una **inclinación de la plataforma** que facilita el rodamiento de las trozas hacia el suelo. Si alguna troza se queda en la plataforma se emplean palancas para sacarla de la plataforma del camión.

La operación de descarga es mucho más rápida que la carga y puede durar entre 10 y 20 minutos. Una vez que se han descargado, las trozas deben apilarse adecuadamente por grupos de especies. Las maderas expuestas al sol y la lluvia se rajan con facilidad y son propensas al ataque de hongos e insectos, lo cual disminuye la calidad del producto final.

Una vez descargada la madera en el patio de la industria o aserradero es conveniente trocearla en las dimensiones de venta, seleccionar, apilar y además proceder a depositar en el patio húmedo (estanque con agua) aquellas trozas de especies que necesitan permanecer húmedas para no rajarse por la alta temperatura o la radiación directa (Foto 7.6).



Foto: Bastiaan Louman.

Foto 7.6 Patio de acopio de una industria en La RAAN, Nicaragua. Se observan fustes o trozas en el patio y estanque donde permanecen trozas húmedas.

En esta sección hemos:

- Descrito las tres operaciones básicas del ciclo de transporte:
 - Carga
 - Transporte
 - Descarga
- Detallado los cuidados a tener durante el transporte mayor.



7.4 Transporte fluvial

A diferencia de muchos lugares en la región amazónica, donde la mayor parte de la madera aprovechada se transporta por río, en Centroamérica son cada vez menos los lugares donde se aplica esta práctica debido principalmente a la expansión de la red vial. No obstante, en algunos lugares de La Mosquitia nicaragüense y hondureña aún se aplica. El **método tradicional** consiste en rodar las trozas hasta quebradas pequeñas y esperar la crecida para que sean arrastradas hasta ríos más grandes, donde se amarran para formar balsas o sartas que son remolcadas a los puertos fluviales, donde son cargadas en camiones y trasladadas a los aserraderos o centros de transformación industrial.

Para su transporte, las trozas que llegan al río principal se ubican en un remanso en donde **se arman las balsas**. Las trozas se colocan en forma paralela o en fila una tras otra, y se unen con cables de acero de 1/2 a 3/8 de pulgada y longitud variable según las condiciones de navegabilidad del río. El cable se fija a las trozas mediante cáncamos de fierro (grapaspas en forma de “U”) para evitar que las trozas se dispersen.

Los **problemas** de este tipo de transporte son la estacionalidad de las operaciones, el deterioro de la madera y la limitación casi exclusiva a las especies que flotan. La estacionalidad e intermitencia de las operaciones de transporte por flotación se debe a que sólo se puede realizar en el periodo de fuertes lluvias. El deterioro de la madera se produce por el largo periodo que debe estar la madera en el bosque o en el agua, lo que la hace más susceptible al ataque de hongos e insectos. En la Amazonia peruana un estudio señala que en promedio un 10% del volumen de madera rolliza se pierde por desprendimiento de trozas de las balsas, pudrición y robos (Jensen y David 1980).

Es importante que las balsas sean atadas con gran firmeza para impedir la pérdida de troncos y garantizar la **seguridad del tráfico fluvial**. En los trayectos nocturnos se deben utilizar banderas y luces para identificar claramente la proa y la popa de las balsas a fin de evitar colisiones. Las balsas de gran tamaño deberán de ser remolcadas o impulsadas por embarcaciones que tengan la potencia suficiente para controlar sin riesgos su velocidad y dirección.



Foto 8.8 Balsa de madera remolcada en un río de la Amazonia peruana

Foto: Fernando Carrera.

El otro método de transporte fluvial es cargar las trozas en **barcazas** y transportarlas hacia el puerto de destino. La ventaja de este sistema es que permite transportar madera pesada. En Río San Juan, Nicaragua, con frecuencia se ven barcazas transportando trozas de madera desde Boca de Sábalos.



Cuando el transporte se realiza por vía fluvial, se debe poner un especial cuidado en la **construcción y mantenimiento** de los sitios en donde las trozas se arrojan al agua o se embarcan. Cuando sea posible, la zona de deslizamiento o de carga se debe recubrir con un material impermeable; si esto no fuera posible se recubre con una capa de grava bien nivelada y compactada. Para reducir los daños causados al suelo pueden utilizarse también esteras o rampas. A fin de que el agua de escorrentía no caiga directamente en el río, se deben construir zanjas de desviación o interceptores de sedimentos. Periódicamente se deben recoger las cortezas y otros desechos que se desprendan de las trozas y llevarlos a un área de eliminación lejos de los cursos de agua.

En esta sección hemos:

- Descrito los métodos de transporte fluvial:
 - Método tradicional.
 - Transporte en barcazas.

7.5 Bibliografía

- Alarcón, J; Campos, R. 1989. Transporte terrestre de madera rolliza desde el puerto a la industria en Pucallpa. *Revista Forestal del Perú* 16(2):3-15.
- Barros, AC; Uhl, C. 1995. Logging along the Amazon River and estuary: patterns, problems and potential. *Forest Ecology and Management* 77:87-105.
- Cardoso Machado, C. 1994. Influência da qualidade da superfície de rolamento de rodovias na quilometragem rodada de caminhões e no custo de transporte de madeira. *Revista Arvore*, Viçosa 18(3):243-248.
- Christie, PD. 1995. New developments in log transport and shipping. *New Zealand Forestry* November 1995: 29-34.
- Dykstra, DP; Heinrich, R. 1996. Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO. Roma, Italia, FAO. 85 p.
- FAO. 1974. Logging and log transport in tropical high forest. A manual on production and costs. FAO Forestry Development Paper no. 18. Rome, Italy, FAO. 90 p. (También existe en español).
- _____. 1998. Aprovechamiento forestal compatible con el medio ambiente. Ensayo sobre ampliación del Código Modelo de la FAO en la Amazonía brasileña. Roma. Italia. 83 p. (Estudio monográfico de explotación forestal no 8).
- Jensen, E; David, E. 1980. El transporte fluvial de la madera en Perú. Proyecto PNUD/FAO/PER/78/003 "Mejoramiento de los Sistemas de Extracción y Transformación Forestal" Lima, Perú. 82 p. (Documento de trabajo no. 2).
- OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos). 1968. Transporte y manejo de la madera –del bosque hasta el aserradero. Manual de la OCDE, Directorio de asuntos científicos. CRAT (Centro regional de ayuda técnica)/AID, México. 99 p.
- Posas, A. 1997. Factores que facilitan la adopción de la motosierra con marco como tecnología de aprovechamiento forestal: estudios de caso con productores que manejan bosques comunales, zona norte de Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 117 p.
- Quirós, D; Gómez, M. 1998. Manejo sustentable de un bosque primario intervenido en la zona Atlántica Norte de Costa Rica. Análisis financiero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 22 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 303. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 13).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- Sage, L.F. 1997. Bases económicas para determinar el monto base de las tarifas en la Zona de Uso Múltiple de la Reserva de la Biosfera Maya. El Petén, Guatemala. Informe de consultoría. San José, Costa Rica, RNT. 21 p.
- Travisany, G; Ambrogi, R; Cisneros, N. 2002. Comercialización de madera en la zona de amortiguamiento de la Reserva Indio-Maíz, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 43 p.
- Venegas, G. 2001. Informes de viaje, comunidad de Sawacito, Departamento de Olancho, del 5 al 9 de Marzo, 2001. UMBN, CATIE, Turrialba, Costa Rica (informe interno) 12 p.
- Verissimo, A; Barreto, P; Mattos, M; Tarifa, R; Uhl, C. 1992. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. *Forest Ecology and Management* 55:169-199.
- _____; Barreto, P; Tarifa, R; Uhl, C. 1995. Extraction of a high-value natural resource in Amazonia: the case of mahogany. *Forest Ecology and Management* 72:39-60.



Capítulo 8

Actividades complementarias al aprovechamiento

- 8.1 Introducción
- 8.2 Aprovechamiento y manejo de residuos de madera
 - 8.2.1 Residuos sin uso directo
 - 8.2.2 Residuos con potencial de uso directo
- 8.3 Restauración de patios de acopio y carga
- 8.4 Cierre de pistas
- 8.5 Limpieza de cauces
- 8.6 Manejo de desechos no orgánicos
- 8.7 Monitoreo y evaluación del aprovechamiento
- 8.8 La silvicultura
- 8.9 Bibliografía

David Quirós
Bastiaan Louman
Alejandro Meza
José Joaquín Membreño

Las actividades complementarias al aprovechamiento forestal de un bosque natural tropical son acciones que se ejecutan para tratar de disminuir el impacto negativo que la extracción de madera causa en el bosque y, en general, en el medio ambiente.



8.1 Introducción

Las actividades complementarias al aprovechamiento forestal de un bosque natural tropical son acciones que se ejecutan para tratar de **disminuir el impacto negativo** que la extracción de madera causa en el bosque y, en general, en el medio ambiente. Tales acciones buscan, además, lograr un rendimiento mayor de la madera que se abandonó en el sitio y mejorar las condiciones de cicatrización y recuperación, de manera que el bosque esté en las mejores condiciones posibles para futuras cosechas.

Estas actividades buscan “ayudar al bosque” a superar la intervención realizada y continuar produciendo; por eso, las labores complementarias también deben contribuir a consolidar la infraestructura requerida para todo el ciclo de manejo.

Si bien es cierto que la mayoría de las tareas complementarias se realizan después de cada aprovechamiento, también existen aspectos conceptuales que deben estar presentes en todas las etapas del sistema de producción, lo que se logra a través de un proceso continuo de capacitación. Por ejemplo, si esperamos hasta haber sacado la última troza del bosque antes de pensar en los **residuos** generados durante la operación de corta, quizás su utilización ya no sea rentable por su ubicación, volumen y el hecho de que se requiere una entrada adicional para sacarlos. Si lo hubiésemos manejado de otra forma, llevando todo el fuste al patio de acopio antes de hacer el troceo y la separación de residuos, el costo de transporte de los residuos se habría reducido y su aprovechamiento sería más atractivo.

Otra manera de reducir las actividades complementarias al aprovechamiento es evitar el paso de los caminos a través de o cerca de cauces. Con ello no sólo disminuye la contaminación de las aguas, sino también la necesidad de limpiar los cauces para restaurar el flujo normal del agua.

Con este capítulo pretendemos brindar al estudiante la información necesaria y las herramientas mínimas para garantizar que el bosque quede en las mejores condiciones posibles después del aprovechamiento y saca de la madera.

Las actividades post-cosecha deben incluirse en la planificación, pues son parte del manejo forestal.

8.2 Aprovechamiento y manejo de residuos de madera

En el aprovechamiento de un bosque tropical se generan dos tipos de residuos de madera: los que pueden ser procesados y utilizados y los que no tienen un uso directo pero pasan a formar parte de la materia orgánica en descomposición y contribuyen al ciclo de nutrientes.



En aprovechamientos mecanizados se puede reducir el tamaño de los residuos para evitar obstáculos en el manejo de la regeneración natural o artificial.

8.2.1 Residuos sin uso directo

Entre los residuos no utilizables están los tocones pequeños y/o con gambas, fustes huecos, podridos, muy dañados por rajaduras y reventaduras, ramas delgadas y torcidas, hojas, secciones torcidas del fuste y gambas. Todos estos residuos son fuente de nutrimentos, pero su **acumulación** en un solo sitio puede tener consecuencias negativas pues: 1) provoca un mayor lavado de nutrimentos (Steege *et al.* 1996), porque la tasa de descomposición supera la de absorción y uso; 2) obstruye el crecimiento de la regeneración cuando hay piezas grandes o piezas muy pequeñas, como el aserrín, que se acumulan y compactan, y 3) aumenta el daño causado por el fuego en caso de incendios (Holdsworth y Uhl 1997).

Para reducir tales riesgos es recomendable manejar el **tamaño de los claros** (ver también capítulo 12), ya que los claros de menor tamaño reducen la cantidad de lluvia que llega al suelo (menor lavado) y la cantidad de luz (menor secado del material).

Por otra parte, estos residuos pueden ser muy funcionales¹. En algunas partes se pican para usarlos en la preparación del terreno para plantaciones de enriquecimiento. La madera muerta con huecos brinda hospedaje a vertebrados; asimismo, la madera en descomposición es la base de la alimentación de muchos invertebrados. Como se ve, ambas tienen un papel importante en la diversidad del bosque.



Foto: CATIE.

Foto 8.1 Residuo utilizable proveniente de la parte terminal de un fuste

8.2.2 Residuos con potencial de uso directo

Uno de los impactos negativos que el aprovechamiento puede tener en los bosques es el **uso ineficiente de la materia prima**. Esto resulta de la falta de capacitación de quienes manejan los equipos (Capítulo 5), falta de planificación de la tala (Capítulo 3) y poco conocimiento de las opciones de uso para la madera de dimensiones menores.

¹ Ver un caso en Brasil en Louman y Pereira (2001)

Actividades complementarias al aprovechamiento

El efecto inmediato de la pérdida de producto es la necesidad de cortar un mayor número de árboles para alcanzar la meta de producción. En Brasil, por ejemplo, Gerwing *et al.* (1996) determinaron que en una operación de aprovechamiento no planificado se dejaron tocones muy altos, el troceo fue ineficiente y se olvidaron de árboles ya cortados. En consecuencia, tuvieron una pérdida de 8,9 m³/ha, o 27% de la madera aprovechable. Esto significa que en vez de cortar cuatro árboles para lograr un volumen de 20 m³, tuvieron que cortar cinco.

La pérdida de una gran parte del volumen cortado se puede evitar si se usan las técnicas de aprovechamiento de impacto reducido descritas en este manual. Sin embargo, siempre va a quedar una cantidad apreciable de madera que, aunque no se pueda aprovechar de manera convencional, sí podría ser de utilidad con equipos especiales para dimensiones menores, sea en el sitio (Capítulo 9) o en aserraderos especializados.



Foto: CATIE.

Foto 8.2 Árboles dejados en el bosque posteriormente aprovechados mediante aserrío en el sitio

El aprovechamiento de los residuos, sin embargo, no debe verse como una actividad más del proceso. Antes de decidir si se aprovechan o no, hay que valorar la **cantidad y calidad** del material y hacer un **análisis de costos y beneficios**. Si el resultado de la transformación de estos desechos van a ser productos de poco valor y con un rendimiento bajo, puede ser que los costos de transportar y transformar la madera sean mayores que el valor del producto.

Si la cantidad y calidad de los residuos permiten una actividad rentable, aún si es a nivel artesanal, se debe **planificar la forma de extracción**, de manera que sea lo más eficiente posible, con el menor impacto ambiental y el mayor impacto socioeconómico.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Eficiencia. En general, hay dos **estrategias de transporte y transformación**: primero transformar y luego transportar, o transportar y luego transformar. La decisión de cuál de las dos es preferible depende de la situación local, de la disponibilidad de equipo y del sistema de aprovechamiento usado. Los sistemas de aprovechamiento basados en el aserrío en sitio, como el ejemplo de Honduras analizado en la Figura 2.2 (pag. 34), en teoría no dejan residuos utilizables. Sin embargo, en el caso descrito el uso de los desechos se limita a costeros y tablas mal dimensionadas o con fallas que servirán a los pobladores locales como madera o como leña.

Los sistemas basados en la **extracción mecanizada** y el transporte de fustes o trozas a las plantas de transformación a menudo dejan muchos desechos utilizables. En estos casos, si los desechos pueden ser procesados con alguna tecnología –y que el aprovechamiento sea rentable- se recomienda acarrearlos hasta los patios de carga, en la medida en que los métodos de arrastre lo permitan sin costos adicionales. O sea, que no se trata de realizar viajes de la maquinaria o los animales solamente con residuos, sino aprovechar el arrastre de la materia prima principal para trasladar el material residual de importancia. De esta forma se evita el desplazamiento del equipo de transformación de residuos hasta los sitios de tumba y consecuente incremento de los costos.

La extracción de residuos debe hacerse a través de las pistas ya creadas y junto con el producto primario.

Por ejemplo, cuando un árbol de grandes dimensiones presenta pudrición en el corazón (duramen), generalmente se eliminan dos o tres metros del fuste hasta donde termina el daño. Si este material fuera arrastrado hasta el patio en vez de ser seccionado y abandonado en el sitio de corta, su posterior utilización se vería favorecida al no tener que incurrir en el costo de extracción.

Cuando esto no es posible, los métodos más adecuados para traer los residuos a los patios de acopio son los **bueyes** o el **tractor agrícola** con carreta. Estos métodos utilizan las pistas usadas durante el aprovechamiento, trasladando el material hasta los patios de carga que también ya están construidos. No se deben abrir nuevos caminos o pistas cuando se trata de la extracción de residuos.



Fotos 8.3 Bueyes arrastrando fustes de dimensiones menores

Fotos: CATIE y FUNDECOR.

Actividades complementarias al aprovechamiento

Una vez en el patio, los residuos grandes se aserran con un aserradero portátil o móvil, o se envían a talleres especializados en el uso de madera de dimensiones menores. Los residuos también se usan para elaborar **artesanías**, por lo que la materia prima no recibe tratamiento alguno, simplemente se arregla según el objetivo que se quiere que cumpla el producto final. Por ejemplo, ramas que se usan como patas de mesas rústicas, secciones de fuste que se usan como maceteros. La mayor parte, sin embargo, se destina al aserrío, para obtener productos que no requieran de grandes longitudes, lo que popularmente se llaman “cabos”, que sirven para patas de sillas o piezas de parquet; en general las **mueblerías** son las que absorben esta materia prima.

Los residuos utilizables que quedaron en lugares de difícil acceso, o se olvidaron en el bosque lejos de los patios de acopio y de caminos se pueden procesar en el sitio para facilitar la extracción y el transporte. Por lo general se emplean tecnologías como la motosierra con marco (ver caso de Honduras (Fig. 2.2, pag. 34) y Capítulo 9).



Fotos: CATIE.

Fotos 8.4 Industria rural para la elaboración de muebles usando madera proveniente de residuos y diámetros menores en la comunidad de Toncontín, La Ceiba, Honduras

Impacto ambiental. Para reducir el impacto ambiental, hay que **desechar** convenientemente los residuos del aserrío (aserrín y costillas), de forma que no haya peligro de que estos materiales lleguen a los cursos de agua. De igual manera hay que proceder con los sobrantes de combustibles y lubricantes.

Por ninguna razón, el acopio y procesamiento de residuos del aprovechamiento en un bosque natural tropical puede significar la **corta de árboles adicionales**, ni para procesarlos ni para utilizarlos como herramienta (palanca, larguero, soporte, etc.). Cuando se usan sierras de viento se necesita de un gran número de fustes para elaborar el banco en el cual se monta la troza a ser procesada; esto, sin duda, causa gran daño al sitio por la corta de vegetación (generalmente árboles) establecida y no establecida.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales



Foto: CATIE.

Foto 8.5 Aserrío con sierra de viento en Toncontín, La Ceiba, Honduras. Nótese la cantidad de fustes requeridos para la construcción del banco de aserrío.

Impacto socioeconómico. Maximizar el impacto socioeconómico implica, entre otras, considerar la posibilidad de involucrar a **grupos locales** en la extracción, transformación y venta de los residuos.

En esta sección hemos:

- Explicado los dos tipos de residuos de madera generados por el aprovechamiento:
 - Residuos sin uso directo
 - Residuos con potencial de uso directo



8.3 Restauración de patios de acopio y carga

Generalmente los patios de acopio y carga son áreas que sufren una gran **compactación** y **encharcamiento**, a causa del tránsito de maquinaria pesada y camiones y de la acumulación de trozas de grandes dimensiones. Esta compactación tiene un efecto importante en la regeneración futura y en la infiltración del agua llovida. Si no se toman medidas para restaurarlos se pueden convertir en áreas erosionadas e inservibles.

La planificación y ubicación de los patios se hace pensando en que sirvan no sólo para una cosecha, sino **para todo el ciclo de manejo**. Las actividades de restauración se limitan aquí a promover la infiltración de agua y evitar la erosión y formación de charcos, ya que no interesa el establecimiento de regeneración de especies leñosas, pues luego habría que eliminarlas.

Si los patios **no se van a volver** a usar, hay que promover la regeneración de la vegetación; para ello, se debe remover la tierra, tratando de obtener una superficie uniforme y descompactada para inducir la germinación de semillas. También es recomendable mezclar la tierra con desechos orgánicos, ya que estos pueden mejorar la capacidad del suelo para la infiltración y retención de agua.

En todos los casos, lo principal es lograr una superficie plana, con una ligera inclinación (1 a 2%) para evitar la concentración de agua cuando llueve. Si se construyeron fosas o rampas para la carga de camiones, se deben rellenar o derribar. Una vez que la superficie esté plana se deben preparar los drenajes necesarios según la topografía del terreno. Estos pueden incluir canales que desvíen el agua hacia otros sitios del bosque; en patios de gran tamaño podrían necesitarse drenajes internos. Debe tenerse especial cuidado con la salida de las aguas del patio, a fin de evitar la destrucción de taludes o la formación de embalses en el bosque.

Tanto si van a utilizarse de nuevo como si no, los patios de acopio deben prepararse para el periodo de desuso, a fin de evitar la erosión.

En esta sección hemos:

- Determinado la importancia de la restauración de patios de acopio y carga.

8.4 Cierre de pistas

La construcción de la red vial en un proyecto de aprovechamiento forestal en un bosque natural tropical conlleva un proceso de planificación que abarca muchos factores y condiciones que deben tenerse en cuenta (Capítulo 4). Así, los caminos principales y secundarios que serán utilizados durante todo el proceso de manejo del bosque deben recibir un **mantenimiento preventivo** pues se quiere poder transitarlos durante todo el periodo de manejo.

Las pistas de arrastre que se planifican y construyen para llegar hasta los árboles cortados, generalmente presentan pendientes altas y condiciones de acceso más difíciles, por lo que deben recibir un tratamiento que impida la erosión.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Las pistas que no se van a usar más, deben ser completamente **clausuradas** y bloqueado el paso del agua. El bloqueo se puede hacer con una troza dañada, la cual se presiona contra el suelo, o haciendo un montículo de tierra con la pala del tractor. En ambos casos, lo que se busca es desviar el agua que circula en sentido longitudinal a la pista.

En algunos países se confunde la clausura técnica de las pistas de arrastre con el cierre administrativo o preventivo para evitar acciones ilegales. En muchos casos, al clausurar una pista de arrastre se colocan obstáculos solo en la entrada de la vía, lo que no reduce la posibilidad de erosión. La clausura de caminos primarios y secundarios es menos usual, pero cuando se requiere se pueden usar las mismas técnicas citadas.

En esta sección hemos:

- Explicado la importancia de la clausura de las pistas de arrastre.

8.5 Limpieza de cauces

Para minimizar el impacto, hay que buscar el equilibrio del medio ambiente y, de paso, cumplir con la legislación forestal. Las actividades de aprovechamiento forestal están prohibidas en las zonas de protección de cauces de agua, lagunas, lagos, embalses, etc. Pese a ello, en muchas ocasiones se cortan árboles de gran tamaño o se cruzan los cauces con la maquinaria, lo que provoca alteraciones en los cursos de agua.

Después del aprovechamiento, los cauces de agua deben quedar en el estado que tenían originalmente.

Si las ramas de uno o más árboles caen en una quebrada o río, hay que sacarlas para que el cauce quede en condiciones similares a las que tenía antes de la intervención. Igualmente, si se habilitan pasos para cruzar por cauces de agua, luego hay que sacar todos los obstáculos o alcantarillas colocados para desviar o detener el agua. Por ello es importante hacer buenas estructuras de manera que puedan ser removidas con facilidad. En ocasiones se hacen pasos de manera desordenada, acumulando vegetación y tierra que luego cuesta bastante eliminar y limpiar para que el agua fluya libremente.

En esta sección hemos:

- Explicado la importancia de la limpieza de los cauces de agua.

8.6 Manejo de desechos no orgánicos

En una operación de aprovechamiento forestal siempre queda gran cantidad de materiales de desecho, de los cuales hay que disponer adecuadamente. Entre estos materiales están:

Actividades complementarias al aprovechamiento

- derivados de petróleo, como combustibles, lubricantes o grasas
- materiales o repuestos, como filtros, bujías, cuerdas, llantas, baterías
- materiales plásticos, como bolsas, recipientes, empaques
- materiales orgánicos, como residuos de comida, excremento, papeles

De todos estos materiales residuales, solamente los **residuos orgánicos** pueden ser enterrados en el mismo sitio; para ello, previamente hay que clasificar la basura, para lo cual es necesario capacitar a todo el personal.

Todos los demás residuos deben ser **retirados del bosque** y reciclados según su origen. En casi todos los países de Centroamérica existen sitios de reciclaje de plásticos, aceites, baterías, etc. Hay que buscar los contactos y establecer los procedimientos para que la disposición de desechos sea una costumbre rutinaria y así evitar la acumulación de basura y el peligro de accidentes con objetos punzo-cortantes.

En muchas regiones de Centroamérica hay una buena actitud en cuanto a la basura, clasificación, reciclaje o eliminación. En otros sitios es necesario asegurarse de que los operarios que participan en las actividades de aprovechamiento y transporte de la madera conozcan y entiendan su papel en la interacción con el bosque y con el ambiente en general.

La capacitación del personal debe ir acompañada de las inversiones necesarias para mejorar las condiciones de trabajo; entre ellas, el establecimiento de un campamento en el bosque donde haya depósitos adecuados para la clasificación de los desechos. Cuando el trabajador siente que sus condiciones mejoran y que la inversión en esfuerzo y tiempo para disponer adecuadamente de los desechos es mínima, se empezará a forjar la “**cultura de la basura**” en el personal.

La capacitación del personal es la mejor forma de asegurar una buena disposición de los desechos durante la ejecución de las actividades en el bosque.

En esta sección hemos:

- Indicado el manejo adecuado de desechos no orgánicos provenientes del aprovechamiento.

8.7 Monitoreo y evaluación del aprovechamiento

El monitoreo y la evaluación (M&E) del aprovechamiento y sus impactos sobre el ambiente y la gente es una actividad complementaria al aprovechamiento tan importante que se le dedicará un capítulo entero (Capítulo 13). Su importancia radica en que el M&E brindan **información** sobre el cumplimiento de los lineamientos establecidos en los planes de manejo y sobre rendimientos y problemas, con la cual se pueden hacer **ajustes a la planificación** y/o diseñar **estrategias de información y capacitación** que mejoren el desempeño del personal en las siguientes operaciones de aprovechamiento.





Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En algunos países la Administración Forestal exige una evaluación del aprovechamiento antes de otorgar nuevos permisos. Este M&E sólo tiene como objetivo evaluar el cumplimiento de las normas y está orientado a buscar respuestas a preguntas como (adaptado de Higman *et al.* 1999):

El monitoreo permite evaluar la operación y mejorar las operaciones futuras.

- ¿Está disponible el mapa del censo y se ha utilizado en la planificación y ejecución de las actividades de tala y arrastre?
- ¿Se marcaron los árboles por aprovechar y proteger? ¿Se respetaron las marcas durante las operaciones?
- ¿Se aplicaron técnicas de tala dirigida en forma efectiva?
- ¿Se respetó la planificación de caminos y vías de arrastre?
- ¿Se respetaron las áreas de protección demarcadas en los mapas del censo?
- ¿Se eliminaron todos los desechos no orgánicos del sitio y se depositaron en lugares apropiados?

Este tipo de M&E debe ser rápido y se recomienda hacerlo por **muestreo**: revisión de tocones, observaciones en los caminos, daños durante el traslado de un tocón al otro. Preferiblemente, este M&E debe hacerse junto con otro más intensivo, como los descritos en el capítulo 13.

En esta sección hemos:

- Resaltado la importancia del monitoreo y la evaluación del aprovechamiento e indicado los aspectos a considerar.

8.8 La silvicultura

El manejo forestal no termina con la cosecha. Las actividades silviculturales posteriores buscan **favorecer las condiciones de la masa remanente**; por ello se deben hacer muestreos silviculturales para evaluar y prescribir los tratamientos silviculturales apropiados. El manual sobre silvicultura de bosques húmedos latifoliados (Louman *et al.* 2001) presenta una serie de métodos postcosecha para evaluar las condiciones silvícolas del bosque (Capítulo 6, Acápites 6.2), así como tratamientos silviculturales que se pueden aplicar a una masa boscosa (Capítulo 4) y técnicas para la aplicación de los tratamientos silviculturales más frecuentes en los bosques húmedos latifoliados del trópico (Capítulo 5).

8.9 Bibliografía

- Gerwing, JJ; Johns, JS; Vidal, E. 1996. Reducción de desechos en la extracción y la elaboración de la madera: la conservación del bosque en la Amazonia oriental. *Unasylva* 187(47):17–25.
- Higman, S; Bass, S; Judd, N; Mayers, J; Nussbaum, R. 1999. The sustainable forestry handbook. A practical guide for tropical forest managers on implementing new standards. IIED/SGS. Earthscan Publications, London, RU. 289 p.
- Holdsworth, AR; Uhl, C. 1997. Fire in amazonian selectively logged rain forest and the potential for fire reduction. *Ecological Applications* 7(2):713-725.
- Louman B; Pereira R. Jr. 2001. Aprovechamiento y manejo del bosque en el área demostrativa “finca Cauaxi” de la Fundación Forestal Tropical (FFT). *Manejo Forestal Tropical* no. 20. 8 p.
- _____; Quirós, D; Nilsson, M. eds. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, CR, CATIE:. 265 p. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 46).
- Steege, H Ter; Boot RGA; Brouwer, LC; Caesar, JC; Ek, RC; Hammond, DS; Haripersaud, PP; Hout, P. Van der; Jetten, VG; Kekem, AJ van; Kellman, MA; Kahn, Z; Polak, AM; Pons, TL; Pulles, J; Raaimakers, D; Rose, SA; Sanden, J. Van der; Zagt, RJ. 1996. Ecology and logging in a tropical rain forest in Guyana. With recommendations for forest management. The Tropenbos Foundation, Ede, The Netherlands. 123 p. (Tropenbos Series no. 14).





Capítulo 9

Aserrió in situ

- 9.1 Introducción
- 9.2 Factores que inciden en el aserrío con motosierra con marco
 - 9.2.1 Factores técnico – operacionales
 - 9.2.2 Factores socioeconómicos
 - 9.2.3 Factores políticos y administrativos
 - 9.2.4 Factores ecológicos
- 9.3 *Aserrió in situ* utilizando motosierra y marco
 - 9.3.1 Equipo básico para el aserrío
 - 9.3.2 El proceso de aserrío
 - 9.3.3 Tipo de cortes del aserrío
 - 9.3.4 Recomendaciones sobre aspectos operativos
- 9.4 Apilado y secado
 - 9.4.1 Formas de apilado de la madera en el lugar del aserrío
 - 9.4.2 Secado de la madera al aire en el lugar de aserrío
 - 9.4.3 Defectos de secado
- 9.5 Cubicación, rendimiento, equivalencias, clasificación y almacenamiento
 - 9.5.1 Cubicación de la madera
 - 9.5.2 Obtención del rendimiento volumétrico
 - 9.5.3 Equivalencias entre unidades volumétricas de madera aserrada y relaciones proporcionales
 - 9.5.4 Clasificación y almacenamiento de la madera
- 9.6 Control de la producción
- 9.7 Bibliografía

David Quirós
Geoffrey Venegas
Víctor Zúñiga

El aserrío *in situ* aprovecha de manera más integral y da un mayor valor agregado a recursos maderables; además, genera beneficios directos para el productor y su familia. Opera con equipo sencillo y de bajo costo.

9.1 Introducción

Para el aserrío de madera en las condiciones del neotrópico se ha utilizado desde el aserradero convencional estacionario de sierra circular, de banda o sin fin, hasta la sierra manual de viento. En el primer caso se requiere de infraestructura sofisticada, un alto nivel de destreza, buen dominio de la operación y elevada inversión. En el segundo, se necesita un equipo sencillo, de bajo costo e infraestructura artesanal; su principal desventaja, sin embargo, es el gran impacto en la vegetación circundante. Entre estos extremos hay otros tipos de aserraderos; la mayoría de ellos, versiones adaptadas para enfrentar situaciones específicas.

Entonces, **¿cuál es el tipo de aserradero más adecuado?** La respuesta depende de aspectos como tamaño de las áreas de aprovechamiento, especies que se procesan, flujo (volumen) de madera procesada por unidad de tiempo (día, semana, etc.), distancias de arrastre y de transporte, topografía (accesibilidad), objetivos de la empresa, tipo de mercado que se busca cubrir (local, regional, nacional, internacional), tenencia de la tierra (cooperativa grande, mediana o pequeña, propietarios particulares), aspectos de mercado (demanda y precios), aspectos legales y de tradición, entre otros.

El aserradero portátil, como la motosierra con adaptación de marco, es especialmente útil en aserríos en pequeña escala realizados por pequeños y medianos productores (propietarios de fincas y de bosques), quienes utilizan este equipo para abastecerse de madera para reparaciones o construcción rural, para comercializarla en el mercado local (mueblerías, depósitos) o en el internacional (especies de alto valor con estrictos estándares). Esta labor puede ser ejecutada después de las operaciones de aprovechamiento forestal, ya que por lo general quedan en el campo residuos maderables que no ameritan su arrastre mecanizado. Estos residuos comúnmente son trozas y/o ramas sin las dimensiones requeridas en el mercado, trozas con defectos de forma, daños por pudrición o ataque de fitopatógenos, madera ubicada en lugares de difícil acceso y árboles con daños parciales por malas técnicas de tala y troceo. Darle un uso a esa madera abandonada justifica la implementación del equipo para hacer el aserrío *in situ*. Hay buenos ejemplos que destacan la rentabilidad y potencial de este sistema productivo (Quirós 1998, Sabogal *et al.* 2001). En algunos casos, la motosierra con marco se usa para procesar madera totalmente sana; es decir, para aserrar *in situ* la madera del bosque, lo que significa una buena forma de agregar valor al producto, generar fuentes de empleo, facilitar la extracción y el transporte. Ejemplos sobre experiencias desarrolladas con este sistema productivo se pueden encontrar en Castañeda *et al.* (1995), Almendares y Avila (2002) y Ortiz *et al.* (2002).

La principal desventaja de la motosierra con marco es la menor calidad y rendimiento del producto acabado pero, en contraste, su costo es reducido y su manipulación y transporte son fáciles, lo que permite llevarlo a lugares lejanos y de acceso limitado; además, su operación, mantenimiento y reparación son sencillos. En sitios donde es frecuente el aserrío con este equipo, la generación de empleo es significativa siempre y cuando haya diferentes frentes o equipos de trabajo. Otras ventajas de este equipo son su versatilidad, el poco personal que requiere (un operario y su ayudante) y su bajo costo de inversión y operación.



El aserradero de motosierra con marco es una opción intermedia entre aserraderos sofisticados y aserrío manual.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Este capítulo busca, entonces, informar al público interesado sobre el aserrío con motosierra con marco: forma de operación y ventajas que ofrece. Además, analizaremos las formas más convenientes de apilar y secar la madera procesada; los métodos de cubicación, clasificación y almacenamiento y de control de la producción.

9.2 Factores que inciden en el aserrío con motosierra con marco

Del aserrío con motosierra con marco se dicen muchas cosas positivas. A continuación analizaremos los factores técnico-operacionales, socioeconómicos, políticos, administrativos y biológicos que deben tenerse en cuenta a la hora de decidir si emplear o no esta forma de aserrío.

9.2.1 Factores técnico-operacionales

El aserrío con motosierra con marco a escala pequeña cumple con los aspectos de manejo sostenible del bosque.

El equipo necesario para el aserrío con motosierra con marco tiene un costo relativamente accesible. Por otra parte, el trabajo es simple con un procedimiento claramente establecido. Diversas organizaciones ofrecen entrenamientos sobre el uso de la motosierra con marco que abarcan aspectos como mantenimiento y reparaciones, técnicas de trabajo, posición correcta del cuerpo al usar el equipo. Estos entrenamientos ayudan a mejorar el rendimiento, reducir los costos en repuestos y reparaciones y aumentar la vida útil de los equipos, además de disminuir el riesgo de accidentes y la aparición de daños físicos permanentes por malas posturas; hay menos desgaste físico, el trabajo se facilita y aumenta el rendimiento, ya que la máquina es la que realiza la mayor parte del trabajo. Los entrenamientos también incluyen formas de cómo apilar y almacenar correctamente la madera una vez procesada, así como la cubicación y clasificación de los diferentes productos para la venta.

9.2.2 Factores socioeconómicos

Por sus características, el aserrío con motosierra con marco es una actividad productiva útil para los sectores marginales menos privilegiados; principalmente para campesinos y grupos comunitarios con algún nivel de organización, con o sin bosque. Estos sectores encuentran en los recursos madereros abandonados en el bosque la materia prima para sus actividades productivas.

El aserrío con motosierra con marco genera empleo e ingresos, así como rendimientos y productos de calidad comparativamente mayores que los obtenidos con el aserrío a pulso y la sierra de viento. Esta actividad no requiere que las personas tengan gran experiencia en labores de aprovechamiento forestal; en un corto periodo de capacitación impartido por instructores bien adiestrados se logra que los beneficiarios aprendan y empleen las técnicas apropiadas, las cuales son adoptadas rápidamente por los beneficios que reportan.



9.2.3 Factores políticos y administrativos

Por lo general, este tipo de aserrío aprovecha y da un mayor valor agregado a recursos que de otra forma se perderían; además, genera beneficios directos para el productor y su familia. Sin embargo, este proceso debe acompañarse con la formulación de las leyes necesarias para que la actividad se pueda desarrollar en forma legal y pueda operar como tecnología alternativa de producción. Asimismo, a nivel estatal tiene que existir un control y vigilancia estrictos de la competencia desleal que significa el aserrío clandestino mediante este u otros sistemas, los cuales pueden colocar madera en el mercado a un precio menor al evadir el pago de impuestos. Se hace necesario también el acompañamiento a los diferentes grupos comunales en aspectos como organización y toma de decisiones sobre asuntos organizativos, contables, de capacitación y comercialización de los productos; no obstante, una vez alcanzada esta meta el grupo comunal debe desligarse de la organización acompañante y seguir en forma independiente, generando su propia experiencia y capacidad de gestión ya que el mercado de la madera es altamente competitivo.

9.2.4 Factores ecológicos

Por definición, este tipo de aserrío utiliza madera residual de fustes ya extraídos, árboles caídos, trozas abandonadas, dañadas o con diámetros y longitudes que el mercado y aserraderos convencionales no aceptan. Por otro lado, cuando se aserran árboles sanos el rendimiento es mayor, lo cual incide en un mejor aprovechamiento de los árboles talados por unidad de área; se logra así un uso más racional del recurso, un mayor valor agregado y beneficios económicos directos. Con ello se conjura la amenaza a la sostenibilidad pues se logra un bosque bien intervenido, se reducen los daños a la masa remanente y al suelo al evitarse el ingreso de la maquinaria pesada, además se logra decidir sobre las posibles actividades (tratamientos silviculturales) a ejecutar después del aprovechamiento.

En esta sección hemos:

- Analizado los factores que inciden en el aserrío con motosierra con marco:
 - Técnico – operacionales
 - Socioeconómicos
 - Político – administrativos
 - Ecológicos

9.3 Aserrió *in situ* utilizando motosierra y marco

A continuación se describen los elementos que se deben tomar en cuenta en la ejecución de actividades de aserrío *in situ* utilizando una motosierra convencional a la cual se le adapta un marco para procesar madera en diferentes dimensiones.



9.3.1 Equipo básico para el aserrío

El equipo, accesorios e insumos necesarios para realizar aserrío con motosierra y marco aparece en el Cuadro 9.1, donde se especifica, además, los costos de mercado.

Cuadro 9.1 Equipo e insumos necesarios para el aserrío con motosierra con marco	
Equipos	Costo (US\$)
Stihl 025 (50 cc, espada de 16")	352
Stihl 029 (54 cc, espada de 20")	526
Stihl 038 (72 cc, espada de 25")	584
Stihl 051 (89 cc, espada de 30")	672
Stihl 066 (92 cc, espada de 30")	660
Stihl 070 (105 cc, espada de 36")	1240
Stihl 076 (110 cc, espada de 36")	751
Stihl 088 (121 cc, espada de 36")	1440
Stihl 090 (137 cc, espada de 36")	1450
Espada de 16"	36
Espada de 20"	36
Espada de 25"	38
Espada de 30"	68
Espada de 36"	94
Cadena para espada de 16"	10
Cadena para espada de 20"	12
Cadena para espada de 25"	13
Cadena para espada de 30"	24
Cadena para espada de 36"	27
Husqvarna 340 (41 cc, espada de 18")	382
Husqvarna 61 (61 cc, espada de 24")	560
Husqvarna 288 (88 cc, espada de 28")	870
Husqvarna 395 (95 cc, espada de 36")	1000
Husqvarna 3120 (119 cc, espada de 36")	1170
Espada de 18"	24
Espada de 24"	65
Espada de 28"	73
Espada de 36"	95
Cadena para espada de 18"	14
Cadena para espada de 24"	19
Cadena para espada de 28"	21
Cadena para espada de 36"	26
Marco de rodillos no. 5 de hierro (26" de corte por 13" de alto, ajustable para espadas de 24" a 36")	360
Marco de rodillos no. 1 de hierro (18" de corte por 13" de alto, para espada de 28")	270
Marco de prensa Westford modelo 36 de aluminio (30" de corte por 13" de alto, ajustable para espadas de 30" a 36")	250
Marco de prensa Alaskan Mill de aluminio (30" de corte por 13" de alto, ajustable para espadas de 24" a 36")	190



Repuestos motosierras	Costo (US\$)
Bujía	4,00
Cable resorte y cobertor de la bujía	2,00
Cuerdas de arranque	2,00
Agarradera de la cuerda de arranque	1,40
Filtros de aire de malla metálica	4,00
Filtro de combustible	6,00
Filtro de aceite	2,4
Membranas y diafragmas del carburador	11,20
Tornillos varios	6,00
Tornillo tensor de la cadena	3,00
Tuercas de la tapadera de la espada	1,00
Tapón depósito de aceite	10,00
Tapón depósito de combustible	8,00
Trinquete o contrapeso del sistema de arranque	2,4
Dientes y remaches de cadena	2,50
Agujas de alta del carburador	6,00
Agujas de baja del carburador	6,00
Aguja de flote del carburador	6,00
Cojinete de agujas del embrague	6,00
Piñón del embrague	24,00
Resorte de retracción del sistema de arranque	10,00

Herramientas e insumos	Costo (US\$)
Mazo	16,40
Cuchillo	9,00
Cuñas de aluminio	15,00
Gasolina (1 litro)	0,80
Aceite 40, lubricación de cadena (1 galón)	6,80
Aceite fuera de borda (¼ de galón)	2,0 – 4,80
Codal (costo de elaboración)	30,00
Cinta métrica (5mt)	5,00
Cinta diamétrica	28
Nivel	12,00
Escoba	2,00
Pichingas (contenedores)	4,00
Escuadra de metal (22" x 14")	6,50
Perros (ganchos metálicos, giratroncos)	35
Cepillo de acero	1,00
Brocha	1,00
Cepillo de metal para madera	45,00
Serrucho	11,00
Formón	13,00
Juego de llaves (cubos)	18,00
Afilador de prensa para cadena	28,45
Lima plana	3,00
Lima redonda	1,20

Fuente: Consultas telefónicas y visitas a diferentes distribuidores en Costa Rica. Enero 2006.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Antes de decidirse por un equipo en particular, es conveniente tomar en cuenta aspectos claves como los siguientes:

- En la región centroamericana se encuentran con facilidad las marcas de motosierras Stihl y Husqvarna, que son los que cuentan con mejor representación de distribuidores y repuestos.
- La lista anterior incluye los equipos e insumos con los que idealmente se debe contar; sin embargo, algunos implementos se pueden fabricar.
- Debido a la diversidad de durezas y grosores de las maderas tropicales se recomienda la adquisición de una motosierra con una cilindrada igual o mayor a 95 cc a la cual se le adapte el marco, y otra más pequeña para labores de tala, troceo, alistado de trozas, menudeo de bloques y aprovechamiento de costillas. Según nuestra experiencia, una motosierra como la *Stihl* 070 de 105 cc es una herramienta multifuncional con la cual se pueden hacer todas las labores anteriores, adaptándole espadas de diferente longitud.
- Los dientes de la cadena para aserrío deben tener un ángulo entre 0° y 10°. Si se adquiere una cadena con ángulo, por ejemplo, de 35° (que es el que se usa para talar) perderíamos un tercio de la vida útil de la cadena al tener que cambiar el ángulo mediante el afilado. Por otra parte, si la cadena se usa con este ángulo, los dientes se quiebran y la madera queda rayada.

Los marcos de aserrío de rodillos y de prensa se pueden encontrar en el mercado con precios variables. Veamos ahora las ventajas y desventajas de ambos tipos de marcos.

Marco de rodillos.- Sus principales **ventajas y desventajas** son las siguientes:

Ventajas:

1. Con buen mantenimiento, alcanza una vida útil de 15 años.
2. La reparaciones y soldaduras a la estructura se puede realizar en cualquier taller.
3. Su construcción es sólida y compacta, soporta largos periodos de uso y condiciones de mucha vibración comunes en el procesamiento de algunas maderas.
4. La espada y la cadena siempre están sujetos al marco mediante tornillos, lo cual evita el movimiento debido a la vibración y la madera queda bien aserrada (sin defectos).
5. Los rodillos verticales que se deslizan a lo largo de la tuca siguen el contorno de esta, no hay que jalar ni regular el equipo.

Desventajas:

1. El precio es mayor.
2. Para sujetar la espada al marco hay que taladrar agujeros para colocar tornillos; para ello se requiere de un equipo especial ya que la espada es de acero macizo, dicho equipo no se encuentra en todos los talleres.
3. El peso combinado del marco y la motosierra es de alrededor de 25 kg. En pendientes o lugares incómodos es de difícil manejo y transporte; por lo tanto se recomienda instalar el equipo en un lugar plano donde haya un lote de trozas, como por ejemplo un patio de acopio.

Aserrió in situ

4. Si este equipo no se desarma, el transporte dentro del bosque es difícil. Hay que tener cuidado con los tornillos de bronce y escalas que dan las dimensiones de corte de los productos, ya que si se golpean o enredan en la vegetación se tuercen y distorsionan todo el sistema.
5. El afilado de la cadena de la motosierra una vez acoplada consume mucho tiempo debido al lento movimiento de las escalas.
6. Debido a su peso, el equipo se puede caer a la entrada y salida de las trozas pudiendo distorsionar las dimensiones en los extremos de la pieza producida.
7. Algunas de las partes y repuestos del equipo no son de fabricación industrial; este detalle es de suma importancia ante un eventual desperfecto, lo cual es muy común en este tipo de labores.

Marco de prensa.- Sus principales **ventajas y desventajas** son las siguientes:

Ventajas:

1. El precio es más bajo.
2. La espada de la motosierra se sujeta al marco por medio de una placa metálica; no es necesario hacer perforaciones.
3. El peso combinado del marco y la motosierra es de alrededor de 20 kg; en pendientes o lugares incómodos es de fácil manejo y transporte.
4. El transporte dentro del bosque no es difícil ya que el marco se puede desarmar en varias partes o cerrar en una sola pieza, no quedan partes expuestas que se dañen al golpearse o enredarse en la vegetación.
5. El afilado de la cadena de la motosierra una vez acoplada no consume mucho tiempo, ya que la espada se puede separar con solamente aflojar dos gasas.
6. Debido al menor peso del equipo es más fácil controlarlo a la entrada y salida de las tucas y evitar que se caiga.
7. Todas las partes y repuestos de este equipo se venden por separado en los distribuidores de la marca comercial; esto es de suma importancia ante un eventual desperfecto, lo cual es muy común en este tipo de labores.

Desventajas:

1. Aún con buen mantenimiento, la vida útil del equipo es de aproximadamente cinco años.
2. Las reparaciones y soldaduras a la estructura no se pueden hacer en cualquier taller ya que la mayoría de las piezas son de aluminio forjado.
3. No es un equipo de construcción sólida y compacta; no soporta largos períodos de uso ni condiciones de mucha vibración; algunas de sus partes y gasas se quiebran con facilidad.
4. La espada y la cadena siempre están sujetas al marco por medio de una platina; con vibraciones fuertes estos elementos se doblan o pandean, por lo que la madera aserrada sale defectuosa.
5. El marco no posee rodillos verticales sino un patín horizontal recostado en la tucá pero no se desliza, para seguir el contorno de la tucá hay que jalar y ajustar el equipo.



Equipo ,
herramientas e
insumos para
el aserrío con
motosierra y marco
puede adquirirse
en las principales
ciudades de la
Región.



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.1 Equipo básico para el aserrío: motosierras, marcos, codales y escuadras

9.3.2 El proceso de aserrío

Para la ejecución de la actividad de aserrío propiamente se recomienda seguir los pasos que se describen en seguida.

1) Preparación de equipo

Por lo común, la **motosierra** se usa para la corta y troceo de árboles. Esta máquina consiste de un motor de dos tiempos y una hoja o espada de diferentes dimensiones, con una cadena provista de dientes cortantes. La motosierra se puede acoplar a un **marco** para hacer aserrío manual.

Los marcos están diseñados para acoplarse a la hoja (espada) de la motosierra y pueden graduarse para aserrar en diferentes grosores de corte. El **marco de rodillos** está provisto de guías que facilitan su manejo (rodillos en posición horizontal y vertical); además, posee dos tornillos graduados en pulgadas que se ajustan para determinar la luz (espesor y/o ancho) del corte, los cuales deben graduarse paralelamente para obtener un corte uniforme y una empuñadura que sirve para ayudar en el corte la cual tiene un protector incorporado que protege al ayudante durante la operación (Foto 9.2).

El **marco de prensa** también tiene guías que facilitan su manejo (patín de empuje y rieles en posición horizontal); además, posee dos postes ajustables graduados en pulgadas que se ajustan para determinar la luz del corte, los cuales deben graduarse paralelamente para obtener un corte uniforme, y una agarradera en la parte superior para ayudar en el corte. En la punta de la espada hay una placa protectora que auxilia al ayudante durante la operación.



Foto: Geoffrey Venegas.



Foto 9.2 Marco de rodillos y motosierra acoplada

Esta técnica de aserrío requiere de una herramienta fundamental para realizar correctamente los trabajos de aserrío y obtener productos con las dimensiones requeridas: **el codal**. Este es un aparejo de madera u otro material que sirve para guiar el primer, segundo y tercer corte en la troza. El codal se elabora con dos reglas rectas de madera liviana, seca y que no tuerza, cuyos cantos deben ser lisos y rectos, sobre los cuales se montan los rodillos horizontales o rieles, según el tipo de marco (Fotos 9.3). Las dos reglas se unen en forma paralela, ya sea por platinas de metal o por uniones de madera (pegas en forma de escalera); dichas uniones deben tener una luz en forma de media luna donde se colocan calzas o cuñas al momento de calibrar y realizar los diferentes cortes. El largo del codal debe sobrepasar el largo de la troza que se va a aserrar en por lo menos media vara o 17” (pulgadas), con el fin de darle estabilidad al marco a la entrada y salida de los cortes.

El codal es un accesorio fundamental para el aserrío.

Fotos: Geoffrey Venegas.



Fotos 9.3 El codal y su posición sobre la troza



2) Preparación de la materia prima

Cada árbol o troza que se va a aserrar debe ser **localizada y preparada** para tal fin. Es recomendable ubicar en un mapa el lugar donde se encuentra el producto; luego se debe de limpiar quitando el barro, piedras, clavos u otro material adherido que podrían desafilarse la cadena y atrasar el proceso. No se debe eliminar la corteza ya que esta ayuda al agarre del codal en una superficie firme.

El paso siguiente es el **troceo de dimensiones** que busca sacar trozas de buen tamaño. Si vamos a procesar árboles enteros, las dimensiones de longitud se deben de ajustar a los requerimientos del mercado (Foto 9.4). En Costa Rica, por ejemplo, se prefieren trozas de 3 a 4 varas de largo (2,58 m a 3,44 m); en Honduras el transporte se hace con mulas, entonces las trozas se cortan con dimensiones de 4 a 8 pies (1,25 m a 2,44 m). Si se procesan residuos, en cambio, las dimensiones de longitud se ajustan al tamaño aprovechable del mismo. Cuando se trabaja con madera residual, las exigencias en cuanto a dimensiones diamétricas y longitudinales son menores. En esta etapa es conveniente contar con una motosierra adicional pequeña para realizar los diferentes cortes sin demora.



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.4 Troceo del árbol. Se observan las trozas resultantes y el aserrío de una de ellas.

Una adecuada preparación de la troza brinda eficacia y eficiencia en el aserrío.

En ocasiones el procesamiento de algunas trozas se ve limitado por el tamaño de la motosierra y del marco. Si las dimensiones de la troza sobrepasan la capacidad de corte del equipo, se prepara la troza de manera que se pueda manejar: si la diferencia es solamente unas pulgadas se disminuye el diámetro de la troza eliminando protuberancias, gambas, etc. para permitir el paso del marco. Si el grosor de la troza excede en mucho el largo de la espada, la práctica más frecuente es cortar el fuste longitudinalmente en dos mitades, aunque algunas trozas de gran diámetro exigen cortes en cuatro gajos o partes. Esta tarea se conoce como **‘rajar’** o **‘desguapar’** (Foto 9.5).

Aserrió *in situ*

El aserrío de árboles de grandes dimensiones no siempre es ventajoso con este sistema ya que el desperdicio es mayor y más riesgoso el trabajo mismo. Por otro lado, se invierte mucho tiempo en la preparación y ejecución del aserrío, y con frecuencia no se obtienen los productos esperados pues por lo general se trata de árboles sobremaduros con la médula podrida o el corazón hueco.



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.5 Troza cortada o desguapada longitudinalmente. A la derecha se observa la mitad de la troza en posición de aserrío.

La troza se coloca en la mejor posición para trabajar cómodamente y sin peligro. Para colocarla se pueden usar **giratroncos** o ‘perros madereros’, pero si no se tienen, se pueden usar árboles rollizos pequeños que sirven como palancas. Se deben buscar superficies planas que faciliten el manipuleo; la troza debe de quedar bien asentada en el suelo o en una banca o tarima (Foto 9.6). Si las trozas son de dimensiones reducidas es recomendable ponerlas sobre tarimas de fabricación sencilla, como tocones, pedazos del fuste, ‘galletas’, cuñas (Fonseca y Quirós 1999). La experiencia indica que con medidas simples de seguridad se previenen accidentes como majaduras en pies y manos y daños a la columna vertebral por malas posturas o excesos de esfuerzo.



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.6 Uso de giratrocas o palancas en el acomodo de la troza

El **acomodo** de la troza puede incluir la nivelación, para lo cual se requiere de un nivel; no obstante, el uso de la escuadra permite aserrar sin problemas, aún en posiciones de desnivel. Cuando se trabaja en desnivel hay que prestar mucha atención a la seguridad y estabilidad de la troza y la firmeza de la tarima y los apoyos.

3) El aserrío

El aserrío consiste en la ejecución de los cortes longitudinales para obtener tablas o piezas de diversas dimensiones de ancho, espesor y largo. Típicamente, hay cuatro cortes de aserrío, pero antes de hacer estos cortes hay que tomar en cuenta las siguientes consideraciones **antes de aserrar**:

- Preparar el área de trabajo, dejándola libre de obstáculos.
- Preparar la motosierra y darle el respectivo mantenimiento diario.
- Armar correctamente el marco y darle mantenimiento.
- Colocar y ajustar el marco a la motosierra.
- Afilar la cadena según especie y patrón de corte.
- Disponer de codales y colocarlos sobre la troza.
- Asegurarse de tener el combustible y aceites apropiados y necesarios para la operación. Nunca usar aceite quemado para la lubricación de la cadena.
- Tener las herramientas y repuestos básicos.
- Tener a disposición todos los accesorios necesarios para la operación.
- Cuando el equipo esté acoplado, arrancar la motosierra en el suelo.
- No permitir que personas ajenas se encuentren en el área de trabajo, sobre todo niños.
- No dejar nunca el equipo sobre una troza o pila de madera, ya que si se cae, se puede desajustar o dañar.
- No llenar el tanque de combustible mientras el equipo está trabajando.



Además, es necesario tener en mente las siguientes **consideraciones sobre la madera:**

- Evaluar la base (cabeza) y punta (extremo menor) de las trozas antes del aserrío para detectar defectos como torceduras, rajaduras, presencia de patógenos y excentricidad. Con base en la evaluación, se define la posición más recomendable y se acomoda el fuste para planificar los cortes; con la ayuda de una cinta métrica se definen los productos que se pueden obtener.
- Dimensionar y controlar el troceo. Por lo general las piezas se sobredimensionan para cumplir con las exigencias de los compradores. En ancho y espesor las piezas deben tener un $\frac{1}{4}$ " de más para tener superficie para poder pulir y cubrir posibles daños por mal manipulación y secado de los productos; esta exigencia puede ser mayor o menor, según la calidad de aserrío.
- Las trozas o bloques deben acomodarse y calzarse para lograr la mejor posición y facilitar la calibración del marco. Es recomendable utilizar bases de madera u otros que permitan el acomodo de formas variadas (trozas cilíndricas o bloques rectangulares). En este proceso, las palancas son de mucha utilidad y pueden ser simples varas de madera o instrumentos industriales, como los ganchos metálicos llamados perros.
- Si la troza es de grandes dimensiones, se procede a rajarla en sentido longitudinal para reducir la medida de corte y luego se aserran las medias trozas. La calidad del corte a la hora de rajar la troza por la mitad influye mucho en el aprovechamiento posterior. Además, hay que hacer otro corte perpendicular al corte de rajado longitudinal, con el fin de obtener una superficie plana donde asentar posteriormente el codal. Ver tipos de corte en la sección siguiente.
- En lugares con pendiente, las trozas se deben colocar en bancos, o bien utilizar tecles con cables que permitan acomodarlas y asegurarlas para aserrarlas sin peligro de que se deslicen.



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.7 Evaluación de cabeza y punta de una troza



9.3.3 Tipos de cortes del aserrío

Una vez que las trozas han sido preparadas y aseguradas, se puede proceder con confianza a ejecutar el aserrío, para lo que se realizan al menos cuatro cortes longitudinales.

La ejecución completa del aserrío requiere de al menos cuatro cortes longitudinales.

Primer corte. Este corte, al igual que los tres siguientes, debe hacerse con gran cuidado y precisión para obtener un producto con las dimensiones apropiadas. La primera tarea consiste en **analizar ambos extremos de la troza** y medir la distancia mínima y máxima, en cada extremo, por donde debe pasar la cadena en el primer corte, incluyendo la altura del codal. Por ejemplo, si solo se toma en cuenta la cara ancha (extremo mayor), al salir el equipo en la cara estrecha (extremo menor), el corte puede acabar cerca de la corteza o dañar el codal, además tampoco se estaría logrando el objetivo de cuadrar la troza. Por otro lado, si se toma en cuenta inicialmente la cara estrecha, al salir en la cara ancha quedaría una ‘costilla’ muy gruesa, con lo que se pierde mucha madera.



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.8 Análisis de ambos extremos de la troza, colocación del codal y ajustes para el primer corte. Se nota que ya se ha marcado el corte con el paso de la cadena sobre la cara de la troza.

Aserrió in situ

Esta situación no se presenta en trozas cilíndricas, pero el análisis de las caras es el mismo. Una vez que se ha decidido la profundidad del primer corte, se coloca el codal paralelo a la troza y se calibra el marco regulando el espesor o la luz del corte con los tornillos graduadores o postes ajustables, según el marco utilizado. Luego se coloca el equipo: la parte superior (rodillos o guías) sobre el codal y la parte inferior (cadena y espada) en el corte. Es recomendable marcar el corte sobre la troza, retirar el equipo y medir desde la parte superior del codal hasta el corte marcado; esta medida y el espesor o luz dado al marco deben coincidir durante el corte a lo largo de la troza. Ahora sí, ya todo está listo para ejecutar el primer corte (Fotos 9.8 y 9.9).



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.9 Primer corte en plena realización desde el fondo hacia adelante. Obsérvese el marco sobre el codal y la cadena cortando en la línea marcada.

Segundo corte. Primero que todo hay que dar vuelta a la troza de tal forma que el primer corte quede a un costado, es decir, en posición vertical. Luego se coloca el codal nuevamente sobre la troza en forma similar al primer corte, las escuadras se ponen de manera que toquen el primer corte y la parte superior del codal, formando un ángulo recto (90°). El codal debe afianzarse firmemente y calzarlo para evitar que se mueva cuando el equipo pase sobre él. En este segundo corte también hay que analizar ambos extremos de la troza. El calibrado, la colocación del equipo y la ejecución del corte son iguales que para el primer corte. Si la posición de la troza lo permite, los rodillos verticales o patines deben deslizarse por la cara plana del primer corte. Lo ideal es que los dos cortes se unan a todo lo largo de la troza (a filo vivo) sin la presencia de corteza, sobre todo si el destino final de la madera es la comercialización (Fotos 9.10 y 9.11).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.10 Acomodo de codal y escuadras para realizar el segundo corte. Se observa el primer corte en posición vertical.



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.11 Segundo corte

Aserrió in situ

Una variante de este segundo corte se usa en trozas cilíndricas. La cara plana del primer corte se utiliza para deslizar el equipo, sin necesidad de codal. Una vez realizado este segundo corte, se da la vuelta a la pieza y se procede a colocar el codal para realizar el tercer corte, el cual quedaría a filo vivo en la parte superior. Si se desea obtener tablones, por ejemplo de 2" de espesor, el marco se gradúa a 2" y se desliza sobre esta tercera cara hasta consumir la pieza.



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.12 Variante del segundo corte

Tercer y cuarto cortes. Para el tercer corte no se requiere el codal, ya que los rodillos horizontales o rieles, según sea el caso, se deslizan sobre la cara lisa superior (en el mejor de los casos) y los rodillos verticales o el patín de empuje van apoyados en la cara lisa vertical. Los tornillos graduadores o postes se ajustan a la medida requerida para efectuar el corte. Con este corte es que realmente **empieza la producción**, aunque, por supuesto los pasos anteriores de calibración con el codal son determinantes para obtener productos con las dimensiones adecuadas (Foto 9.13). Durante la ejecución de los cortes, la posición de los operadores es muy importante para el éxito de la operación.



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.13 Avance del tercer corte. Se observa el uso de cuñas para evitar el prensado de la cadena.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

A continuación se analizan varios ejemplos de cómo hacer el cuarto corte o corte de producción, según situaciones diversas.

- Si después del tercer corte se obtiene un bloque con un grosor de 15" y se quiere aserrar tablas de 15" de ancho por 1,5" de espesor, se coloca la cara sin aserrar hacia abajo, se ajustan los tornillos graduadores a 1,5" de luz de corte y se aserran las tablas de 1,5 x 15" (Fonseca y Quirós 1999) (Foto 9.14).
- Si después del tercer corte se obtiene un bloque con un grosor de 12" y se quiere aserrar tablas de 6" de ancho por 1" de espesor, se deja el bloque en la misma posición y se gradúa el marco a 6". El marco se desliza sobre el segundo corte para obtener dos bloques de 6", los cuales son trabajados por aparte. Cada uno se coloca con el primer corte hacia arriba de forma que la cara sin aserrar quede hacia abajo, se gradúa el marco a 1" y se aserran las tablas de 1 x 6".
- Si después del tercer corte se obtiene un bloque con un grosor de 15" y se quiere aserrar bloques de 5" de ancho por 5" de espesor, se deja el bloque en la misma posición y se gradúa el marco a 5". El marco se desliza sobre el segundo corte por dos veces para sacar tres bloques de 5", los cuales son trabajados por aparte. Cada uno se coloca con el primer corte hacia arriba de forma que la cara sin aserrar quede hacia abajo y se aserran los bloques de 5 x 5".



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.14 Inicio del cuarto corte o corte de producción. En este caso se obtienen tablas con dimensiones de 1 x 8".

Aserrió *in situ*

La costilla o costanera sobrante se deja en un lugar determinado para luego decidir si se reasierra para obtener otros productos de dimensiones diferentes que aumentan el rendimiento de la troza. Las costillas también pueden utilizarse como bases para colocar bloques o piezas que van a ser reaserradas.



Foto: Geoffrey Venegas.



Fotos 9.15 Manejo de costillas o costaneras

Recuérdese que siempre hay que tener presente el sobredimensionado de un $\frac{1}{4}$ " por el paso de la cadena y $\frac{1}{4}$ " por desgastes posteriores de la madera, como cepillados u otros.

9.3.4 Recomendaciones sobre aspectos operativos

En todo proceso se generan experiencias y aspectos relevantes que merecen ser puntualizados para asegurar el éxito y evitar las prácticas de ensayo y error. Una buena capacitación al personal encargado del aserrío garantiza el buen desempeño y el perfeccionamiento de la técnica. A continuación se presentan algunas recomendaciones válidas para la operación de aserrío *in situ*, independientemente de las dimensiones de las trozas y del producto aserrado, así como posibles problemas y maneras de enfrentarlos.

- **Evaluación de la troza** antes de hacer los primeros tres cortes básicos, para obtener un mayor rendimiento y definir los productos que se quiere obtener se debe ver si hay partes podridas, torceduras o rajaduras.
- **Construcción de bancos de aserrío** utilizando piezas rollizas y costillas. La función del banco es garantizar la seguridad de los operarios y facilitar las labores de aserrío.
- **Acomodo, nivelado, acuña de las trozas** en los bancos de aserrío. Hay que tomar en cuenta la curvatura, daños o rajaduras en las caras de las trozas y la diferencia entre los diámetros de las caras. Las trozas se mueven y posicionan por medio de palancas y se calzan con cuñas.
- **Colocación y calibración del codal sobre la troza** según las características de la troza (curvatura, daños y rajaduras).
- **Armado y desarmado del marco**, calibración y revisión de los diferentes elementos (aplomado de las partes verticales y horizontales, postes, guías, esquinas en ángulos rectos, socado de tornillos, tuercas y gasas).
- **Uso adecuado de equipo básico** (codal, escuadras, niveles, cintas métricas, cuñas, soportes de madera).
- **Coordinación y comunicación** entre los dos (o más) operarios durante el trabajo. El aserrío se retrasa y ocurren inconvenientes si falla la coordinación entre el operario y el ayudante.

La experiencia y la capacitación son pilares fundamentales en el éxito del aserrío.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- Durante el trabajo hay que **controlar todos los elementos** de la motosierra y del marco para detectar posibles desajustes.
- En el momento del aserrío, **el marco no debe golpear contra la troza** pues se descalibran las escalas que determinan el grosor del producto y se puede doblar la espada de la motosierra; en consecuencia, el equipo se atasca y no avanza, se desajustan las gasas que sujetan el soporte del marco más cercano a la motosierra y con la vibración hasta podría romperse.
- **El patín del marco o los rodillos verticales** de prensa deben ir pegados a la troza para palanquear la motosierra de manera horizontal y evitar el rebote, así como esfuerzos físicos extras al tener que mantener la motosierra en posición de corte.
- **El acelerado correcto de la motosierra** durante el avance en los cortes es de suma importancia. Hay que evitar la aceleración excesiva al inicio y finalización del corte y cuando la máquina avanza muy poco. Lo recomendable es salir despacio para evitar accidentes, sobre todo en las piernas de los operarios, si la cadena se revienta.
- **Control del peso de la máquina**, que el motor no levante los rodillos ni las guías.
- **Si se empuja demasiado la máquina dentro del corte** aumenta el gasto de combustible, la cadena tiende a atascarse y el motor se embota. Estos problemas se pueden evitar si se meten pequeñas cuñas de madera (emparejadas a ambos lados del corte) al inicio y a lo largo de todo el corte.
- **La buena posición del cuerpo** es muy importante para evitar problemas de salud. Las posiciones que más afectan al organismo son el cuerpo recargado a la derecha o a la izquierda, la espalda arqueada en vez de trabajar con las piernas y rodillas en el suelo, el motor de la motosierra muy cerca del cuerpo, con lo cual se recibe mucho ruido y vibración.
- **La caída y desnivelado del equipo al salir del corte de la troza** hace que las piezas obtenidas tengan un grosor inferior en ese extremo (Foto 9.16). Este mal hábito hace que la cadena se pueda zafar y golpear o cortar las piernas de los operarios; la actividad se retrasa por el accidente mismo y por tener que acondicionar de nuevo el equipo.
- **Las costillas de las trozas** se deben aprovechar para aumentar el rendimiento.
- Una vez finalizado el proceso, **la madera aserrada debe apilarse** para que seque bien.



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.16 Caída y desnivelado del equipo a la salida de la troza

Aserrió in situ

Si se presta atención a las consideraciones anteriores se puede ahorrar entre una cuarta y una quinta parte de combustible y una cuarta parte de tiempo de trabajo diario para obtener el mismo producto.

Después del aserrío, debe darse un mantenimiento completo al equipo; para ello hay que considerar los siguientes aspectos:

- Separar el marco de la motosierra para facilitar el transporte.
- El marco debe limpiarse con una brocha y gasolina; si hubiera mucha suciedad en las escalas graduadas deben limpiarse con un cepillo de acero.
- Todas las partes movibles deben revisarse para verificar que no hayan reventaduras, chequear que no falten gasas, tuercas ni tornillos.
- Tanto el marco como las partes móviles deben ser engrasadas.
- La motosierra debe desmontarse, sacar la espada y la cadena, limpiar la ranura de la espada y el orificio del flujo de aceite.
- La posición de la espada se debe invertir diariamente, con el fin de que tenga un desgaste uniforme.
- La máquina se debe limpiar con gasolina y una brocha.
- El filtro de aire recoge mucho aserrín y polvo fino, por lo que debe limpiarse a diario.
- El trabajo constante hace que la cadena se desgaste en los remaches y eslabones; hay que hacer, entonces, las reparaciones pertinentes.
- Los tornillos y las tuercas tienden a aflojarse con el uso debido a las vibraciones; hay que controlar y volver a socarlos.

Al final de una semana de trabajo se debe realizar un mantenimiento más profundo del equipo, el cual incluye las recomendaciones diarias más los siguientes aspectos:

- El marco de aserrío debe ser desarmado, chequear todas sus partes y, si fuera necesario, cambiar tornillos, tuercas, gasas, ya desgastadas por el uso.
- El marco se vuelve a armar y se guarda en un lugar seguro.
- En la motosierra, se deben limpiar las aspas de refrigeración del volante y del cilindro, que con la carga de trabajo atrapan mucha suciedad.
- El sistema de amortiguación es básico para el desempeño del equipo; controlar si está dañado pues con ello aumenta la vibración en el marco.
- Limpiar la bujía y revisar la distancia entre los electrodos.
- Revisar la cuerda de arranque y el resorte de retroceso del sistema de arranque; cambiarlos si fuera del caso.
- Revisar el silenciador y los tornillos que lo sujetan.



Las labores de mantenimiento del equipo brindan mayor rendimiento y seguridad.



En esta sección hemos:

- Descrito los elementos a considerar en la ejecución de actividades de aserrío *in situ* con motosierra y marco:
 - Equipo básico para el aserrío (equipos, repuestos, herramientas e insumos)
 - Ventajas y desventajas de los marcos de rodillos y de prensa.
 - El proceso de aserrío:
 - Preparación de equipo
 - Preparación de la materia prima
 - El aserrío
 - Tipo de cortes.
 - Recomendaciones sobre aspectos operativos.

9.4 Apilado y secado

Después del aserrío, la madera debe ser apilada para que esté acomodada y seque bien. El secado de la madera consiste en reducir hasta cierto punto el contenido de humedad (CH) mediante el empleo de energía calorífica, ventilación, o una combinación de ambos. La idea es mantener un clima controlado para llegar a un estado de equilibrio entre el CH del aire y el de la madera que queremos secar.

Para la madera aserrada *in situ* se recomienda apilarla y protegerla con un techo, de manera que se seque al aire en el mismo lugar de trabajo (bosque, patio de acopio u otro). De esta forma, la madera se seca en forma natural perdiendo el exceso de humedad sin tener que emplear ningún tipo de energía, hasta llegar a un CH similar al del medio ambiente. Si la madera se seca correctamente, se minimiza la aparición de daños como grietas, torceduras, pandeos, encorvaduras; además, se evita la aparición de hongos que causan pudrición y que pueden reducir la calidad y aceptación del producto y, por ende, su precio.

9.4.1 Formas de apilado de la madera en el lugar del aserrío

Es recomendable apilar la madera recién aserrada en el bosque para que no se deteriore, ya que no es conveniente poner piezas sobre piezas después del aserrío por más de 24 horas. Cualquiera que sea la forma de apilado, es muy conveniente poner un techo que puede ser de plástico, palmas u otro para evitar que la lluvia y el sol incidan directamente sobre la madera.

La forma adecuada de apilado de madera ofrecen ventajas para el secado.

Apilado en caballete. Este método de apilado para el secado al aire se usa con y sin techo. Consiste en colocar las piezas de canto con un ángulo de 45° hasta casi vertical, apoyadas en el suelo o sobre una base; arriba descansan en una pieza horizontal (caballete) empotrada (generalmente sostenida con árboles en pie) en los extremos a una cierta altura, según la longitud de la madera. Las piezas se colocan una al lado de la otra en forma alterna, de manera que los extremos superiores se crucen sobre el travesaño (Foto 9.17).

Aserrío in situ

Debido a los grandes espacios libres entre piezas, este apilado reduce el tiempo de secado. Sin embargo, este sistema no es adecuado para maderas propensas a deformarse después del aserrado; además, es poco estable, ocupa mucho espacio y el secado no es uniforme en toda la longitud de las piezas, las cuales resultan menos secas en la porción de la base que en la parte superior.

La experiencia demuestra que este sistema no es recomendable para un secado en sentido estricto, aunque sí funciona muy bien como presecado. No obstante, cuando las condiciones, acceso y recursos son muy limitados se puede usar bajo techo.

Recomendaciones para el apilado en caballete

- No emplear con tablas de menos de 1" de espesor.
- Los soportes deben ser bastante fuertes para soportar el peso de las piezas y ser estables.
- Las piezas no deben estar en contacto con el suelo sino sobre una superficie de madera con dimensiones de espesor y ancho de al menos 4" x 4" o de cemento, para evitar que la madera sea atacada por hongos y que el agua estancada impida el secado. En el bosque se pueden emplear costillas o residuos de cortes y/o piezas defectuosas.
- Las puntas deben traslaparse solo lo estrictamente necesario y no deben sobresalir unas más que otras.
- Los largos deben ser uniformes.
- Periódicamente, el extremo inferior debe voltearse hacia arriba, así como el canto expuesto.
- Las tablas deben estar juntas cara con cara en el traslape sobre el yugo del caballete.
- Pintar los extremos disminuye las posibilidades de agrietamientos.
- La madera no debe quedarse por mucho tiempo en el caballete.
- Usar solo con maderas gruesas y muy húmedas.
- El sistema funciona mejor y produce menos daños en los extremos de las piezas si se hace bajo techo.
- El sistema puede emplearse en terrenos con pendiente.



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.17 Apilado en caballete en el bosque para su posterior transporte



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Apilado por los extremos. Este consiste en colocar las piezas de forma que descansen recostadas sobre un apoyo alto en posición casi vertical (Foto 9.18). En este tipo de apilado es común utilizar árboles en pie. También es recomendable aislar del suelo la base de las piezas y colocarlas bien para evitar malformaciones por mala posición.



Foto: Geoffrey Venegas.

Foto 9.18 Apilado por los extremos bajo techo con el apoyo de una viga en la parte superior

Apilado en triángulo. Otro tipo de apilado es el conocido como *triangular horizontal* (Foto 9.19). En un espacio bastante plano, de aproximadamente la misma longitud que los productos a apilar, se colocan tres piezas (soportes) de madera sobre el suelo formando los vértices de un triángulo. Las piezas deben quedar bien niveladas y a una distancia adecuada entre ellas, en relación con la longitud y ancho de los productos a secar ya que de esto depende la calidad del secado y problemas como pandeo y torceduras. De la nivelación también depende la estabilidad de la pila de madera. Las piezas se colocan en forma alternada de manera que las puntas sobresalgan del triángulo; las partes de contacto funcionan como separadores; la distancia entre piezas debe ser uniforme.

Este sistema es muy adecuado para tablas y otros productos anchos. En madera de cuadro es recomendable poner las piezas en pares en cada lado del triángulo para que la pila sea más estable y segura. Este sistema es funcional en lugares a campo abierto donde se asierren árboles aislados y donde no se encuentren soportes naturales para el apilado en caballete. Al igual que con otros métodos de secado al aire, no se recomienda mucho tiempo de exposición, ya que los puntos de contacto se mantienen húmedos y tienden a mancharse, por lo que debe variarse la posición de las piezas.



Foto: Geoffrey Venegas.



Foto 9.19 Apilado en triángulo sobre una base de cemento plana

Apilado en tarimas. Este apilado consiste en formar camas de piezas de madera colocadas en posición horizontal, una pieza al lado de la otra sin dejar espacios (aunque si las tablas no cubren el ancho de la cama, el espacio se distribuye entre las piezas). Seguidamente se ponen separadores, listones, palillos o reglitas en sentido transversal de 1" x 1" x 40"-48", equidistantes cada 40 – 60 centímetros y de extremo a extremo y a lo largo de las piezas y del paquete. Se debe empezar y terminar parejo con las cabezas, no dejar puntas al aire (sin apoyo), e iniciar con las piezas más largas. Luego se pone otra cama de piezas y encima los separadores bien alineados (Foto 9.20). Los separadores deben ser de madera dura, sana, seca y cepillada para asegurar una dimensión exacta. Si no son uniformes, el peso de las capas siguientes hará que las piezas inferiores copien la deformación. Se recomienda almacenar los separadores bajo techo cuando no se usan.

El ancho y alto máximos de la tarima no deben exceder 1,20 m, por cuestiones de seguridad y facilidad de manejo, el cual es manual.

Foto: Geoffrey Venegas.



Foto 9.20 Apilado en tarimas con un excelente aislamiento del suelo



9.4.2 Secado de la madera al aire en el lugar de aserrío

El secado al aire, o presecado, se realiza en condiciones ambientales de temperatura y ventilación natural, bajo techo o al aire libre. En el secado al aire, la ventilación es tan importante como el calor. La madera seca tiene múltiples ventajas:

El secado de la madera *in situ* logra reducir el contenido de humedad hasta el existente en el ambiente.

- Es más liviana.
- Es aislante, acústica y térmica.
- Tiene más resistencia mecánica.
- Muestra mejor estabilidad dimensional, sobre todo si se seca al porcentaje de humedad apropiado para las condiciones a que será sometida en servicio.
- Tiene mejor adherencia en el encolado.
- Resiste a los hongos, manchas y pudrición.
- Mejora la trabajabilidad (cepillado, cortado, rajado, lijado, torneado, etc.).
- Mejora la adherencia de cualquier acabado de nitrocelulosa, poliuretanos, esmaltes, barnices, etc.
- Mejora la preservación pues las paredes celulares sin agua permiten una mejor penetración y retención.

Lo ideal es ir apilando la madera conforme va saliendo del proceso de aserrío. Un buen almacenaje temporal que reciba la madera ayuda a ganar tiempo de secado y reducir las manchas y defectos.

Se dice que el secado al aire es un presecado en tanto no se puede bajar el CH de la madera por debajo del CH de equilibrio con el ambiente. Es decir, que en un momento dado la humedad de la madera llegará a un equilibrio con las condiciones ambientales que, como se sabe, varían con el clima. La madera secada al aire no baja a menos del 18% de humedad, aunque en condiciones óptimas de clima seco y periodo seco del año podría llegar a un 12%. Pero, según el espesor, el CH no será uniforme en toda la pieza.

Cuando el secado se hace al aire, como en el caso del aserrío *in situ*, las condiciones de temperatura y humedad del aire no son controlables. Puesto que hay diferentes contenidos de humedad, también habrá diferentes niveles de sequedad. Por lo tanto, cuando la madera ha estado bajo techo durante semanas, meses o años decimos que está seca, pero, ¿con qué porcentaje de humedad o de sequedad? En el caso del secado de la madera procesada *in situ*, lo importante es bajar el contenido de humedad evitando la exposición directa al sol y a la lluvia. El Cuadro 9.2 ilustra los resultados de secado al aire de maderas en Nicaragua.



Cuadro 9.2 Resultados de un ensayo de secado al aire con cinco maderas en Nicaragua						
Especie	CHi	CHf	T	HR	Días	Rs%
Coyote <i>Platimiscium</i> sp.	80	18	32	64	17	3,6
Almendro <i>Dipteryx panamensis</i>	38	18	34	67	22	0,9
Pino <i>Pinus caribaea</i>	119	18	27	75	23	4,3
Melina <i>Gmelina arborea</i>	103	18	33	55	43	1,9
Pansuba <i>Lecythis</i> sp.	65	18	34	67	70	0,67

CHi = contenido de humedad inicial

CHf = contenido de humedad final

T= temperatura promedio durante los días de secado (°C)

HR = humedad relativa de ambiente durante el secado

Días = el tiempo que duró la madera apilada horizontalmente con separadores y con techo sobre la pila

Rs% = Razón de secado expresado en porcentaje. Se obtiene aritméticamente del dividir la diferencia entre CHi menos CHf entre los días que duró el secado

Fuente: Alvear Alegría *et al.* 1993

Veamos un ejemplo que nos permita interpretar los resultados.

$$\text{Pansuba: } \frac{(65 - 18)}{70} = 0,67$$

$$\text{Coyote: } \frac{(80 - 18)}{17} = 3,6$$

La razón de secado es particular para cada especie según espesor, patrón de corte y sistema de secado. La razón de secado es el porcentaje de humedad que la madera pierde (CH inicial menos CH final) en el tiempo. Una especie que tiene una razón de secado de 2 significa que pierde 2 grados porcentuales de humedad por día. Entonces, en el ejemplo ilustrado coyote pierde más humedad que cualquiera de las otras especies latifoliadas; a su vez, pansuba tiene menor razón de secado que coyote. Recordemos que la razón de secado varía por debajo del punto de saturación de las fibras (PSF= 30% aproximadamente).

Tenemos entonces que el secado de madera al aire libre permite obtener muy buenos resultados hasta cierto CH con procedimientos muy simples. Obviamente, esto tiene un costo que el mercado debe asumir, pero que se compensa con un producto de mejor calidad y apariencia, de uso inmediato y con menor costo de manejo y transporte.

Decíamos que hay diferentes grados o porcentajes de CH. Para medir esta condición empleamos la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{PV - PSH}{PSH} \times 100$$



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Donde:

CH= contenido de humedad expresado en porcentaje

PV= peso verde de la madera al inicio del secado

PSH= peso seco al horno, esto es llevar una muestra a cero por ciento de humedad. Se logra manteniendo una muestra en un horno especial a 103°C con ventilación forzada hasta lograr un peso constante.

100 =constante

Veamos un ejemplo. De una tabla de madera verde se tomó una muestra de 1¼” x 5” x 5” para determinar su humedad. El peso (CHi) de la muestra era de 25 gramos, se colocó en un horno a una temperatura de 103°C hasta que el peso a intervalos de cuatro horas no tuvo cambios. El peso constante fue de 16,5 gramos. El contenido de humedad es, entonces:

$$CH = \frac{25,0 - 16,5}{16,5} \times 100 = 51,5\%$$

Si no se tiene un horno –como ocurre en el apilado y secado *in situ*– siempre se puede aplicar la fórmula si determinamos el CH inicial y el CH más bajo al que puede llegar la madera. Para ello necesitamos muestras de la madera, una báscula y varias observaciones durante el tiempo o periodo de secado. Se recomienda llevar ese control por especie y para diferentes dimensiones de cada especie. Es claro que por las condiciones de secado al aire libre no llegaremos a un CH uniforme y bajo, pero al menos podremos monitorear la disminución de peso y, por ende, del CH; además, podremos determinar las condiciones climáticas ideales para conseguir el CH más bajo posible. La madera procesada y presecada *in situ* puede llevarse al horno para completar el secado y lograr un contenido de humedad mínimo.

En resumen, el secado al aire ofrece varias ventajas: no requiere inversión de energía, se realiza en el mismo lugar del aserrío y se reduce el peso del producto, lo cual es importante cuando el transporte se hace en hombros o con animales.

9.4.3 Defectos de secado

Toda madera sufre un proceso de contracción durante el secado; según la especie y el corte (radial o tangencial), la contracción puede ser mayor al 10% por lo que el volumen de la madera seca es menor que el de la madera verde. El proceso de secado, entonces, genera algunos defectos que serán mínimos y normales si el secado es bien controlado. Los principales defectos que se producen en la madera son los siguientes:

- Contracción dimensional
- Rajaduras
- Grietas o separación de fibras por cabeza, canto y/o cara
- Acanalamiento o abarquillado
- Arqueadura

Aserrió *in situ*

- Encorvadura
- Endurecimiento
- Colapso
- Tensiones



En esta sección hemos:

- Descrito las formas de apilado de la madera en el lugar del aserrío:
 - Apilado en caballete
 - Apilado por los extremos
 - Apilado en triángulos
 - Apilado en tarimas
- Descrito el secado de la madera al aire en el lugar de aserrío y mencionado las ventajas de la madera seca.
- Mencionado los defectos de secado de la madera.

9.5 Cubicación, rendimiento, equivalencias, clasificación y almacenamiento

Antes y después del aserrío es necesario cubicar la madera para cuantificar el volumen; además, después del aserrío es útil conocer el rendimiento volumétrico y clasificarla y almacenarla. Por lo tanto, en esta sección analizaremos los métodos de cubicación, obtención del rendimiento, equivalencias entre unidades volumétricas y las formas de clasificar y almacenar el producto.

9.5.1 Cubicación de la madera

9.5.1.1 Cubicación de la madera en rollo

En el proceso de aserrío, la madera debe cubicarse al menos dos veces: al principio para determinar la cuantificación inicial en rollo y la segunda para determinar el total de madera obtenida después del aserrío. En ambas cubicaciones se utilizan diversas formas de medición y el resultado final se expresa también en diversas unidades.

Existen varias fórmulas para calcular el volumen de madera en rollo. Una de ellas es la **fórmula de Smalian** que brinda el resultado de la cubicación en metros cúbicos, en pies cúbicos o en pies tablares, las cuales son las unidades más utilizadas en la región centroamericana. Esta fórmula es particularmente útil pues está diseñada para cubicar trozas o madera en rollo ya talada; cualquier otra fórmula de cálculo de madera en rollo pero con el árbol en pie no es de adecuada aplicación.

Determinación del volumen en metros cúbicos.- La fórmula de Smalian permite cubicar el volumen de madera en rollo en metros cúbicos. Veamos, mediante un ejemplo, como funciona el proceso.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

$$V = \frac{g_1 + g_2}{2} \times l \quad (I)$$

Donde:

V= Volumen en metros cúbicos

g_1 = Área basal en el extremo mayor de la troza en metros cuadrados = $d_1^2 * \pi/4$

g_2 = Área basal en el extremo menor de la troza en metros cuadrados = $d_2^2 * \pi/4$

L= Largo de la troza en metros

$\pi/4$ = 0,7854

2= constante

Tenemos, por ejemplo, una troza de caoba con un diámetro de 80 cm y un largo de 4 m. El diámetro es el resultado del promedio entre extremo mayor y extremo menor (extremo mayor = 85 cm y extremo menor = 75 cm). Al desarrollar la fórmula tendremos que:

$$\begin{aligned} V &= ((0,85^2 * (\pi/4) + 0,75^2 * (\pi/4)) / 2 * 4 \\ V &= (0,6745 + 0,44179) / 2 * 4 \\ V &= 1,00924 / 2 * 4 \\ V &= 2,0185 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

La fórmula simplificada viene a ser:

$$V = (D_1^2 + D_2^2) * 0,3927 * L \quad (II)$$

Donde:

V= Volumen en metros cúbicos

D_1 = Diámetro mayor de la troza en metros

D_2 = Diámetro menor de la troza en metros

L= Largo de la troza en metros

0,3927= constante, que corresponde también a $\pi / 8$

O sea,

$$\begin{aligned} V &= (0,85^2 + 0,75^2) * 0,3927 * 4 \\ V &= (0,7225 + 0,5625) * 1,5708 \\ V &= 1,285 * 1,5708 \\ V &= 2,0185 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Determinación del volumen en pies cúbicos y pies tablares.- La fórmula de Smalian es particularmente útil en Centroamérica porque permite cubicar en otras unidades de volumen, como pies cúbicos y pies tablares (unidades muy utilizada en Honduras y Nicaragua). Para ello se transforman los valores de diámetro y longitud a la unidad deseada. Si, por ejemplo, queremos el resultado **en pies cúbicos**, aplicamos la fórmula:

$$V = (D_1^2 + D_2^2) * 0,3927 * L \quad (III)$$



Donde:

V= Volumen en pies cúbicos

D_1 = Diámetro mayor de la troza en pies

D_2 = Diámetro menor de la troza en pies

L= Largo de la troza en pies

0,3927= constante, que corresponde también a $\pi / 8$; ($\pi = 3,1416$)

1 pies cúbico = 12 pies tablares

1 pie tablar = 1" * 1" * 12"

1 pie = 0,3048 metros

Al desarrollar la fórmula tendremos que:

$$V = (2,79^2 + 2,46^2) * 0,3927 * 13,12$$

$$V = (7,7841 + 6,0516) * 5,152$$

$$V = 13,78 * 5,142$$

$$V = 71,143 \text{ pies}^3$$

Si quisiéramos el resultado **en pies tablares** (Sistema Inglés), debemos multiplicar el valor de pies cúbicos por el valor de la constante = 12, como lo demuestra la fórmula siguiente:

$$V = (V^3) * 12 \quad (\text{IV})$$

Donde:

V= Volumen en pies tablares

V^3 = Volumen en pies cúbicos

12= Constante

Al desarrollar la fórmula tendremos que:

$$V = 71,143 \text{ pies}^3 * 12$$

$$V = 853,72 \text{ pt}$$

Determinación del volumen en otras unidades.- Además de las ya mencionadas, en Centroamérica se emplean otras unidades de medición del volumen de madera: la pulgada maderera tica (pmt) y el sistema Doyle. La cubicación con estas unidades subestiman el volumen en rollo, pues la medición se hace por el extremo menor de la troza y estima solamente el bloque (*timber*) que saldría de la troza; es decir, no toma en cuenta la madera residual de las costillas, producto de la conicidad de la troza. Por esta subestimación de la madera en rollo no es conveniente comparar los resultados con la cantidad de madera aserrada al final del proceso. Es evidente que estos dos métodos dejan en desventaja al vendedor de la madera en rollo.

En Centroamérica se usan diversas formas de medición, fórmulas y unidades para determinar el volumen de madera en rollo y aserrada.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En Costa Rica se usa la unidad de cubicación llamada '**pulgada maderera tica**' (pmt) que consiste en una pulgada de espesor, por una pulgada de ancho, por una longitud de 4 varas:

$$1 \text{ pulgada} * 1 \text{ pulgada} * 4 \text{ varas} = 1 \text{ pmt}$$

Donde:

$$1 \text{ vara} = 34 \text{ pulgadas} = 0,86 \text{ m}$$

$$1 \text{ pulgada} = 2,54 \text{ cm}$$

La cubicación en rollo se hace con la fórmula:

$$V = (C/4)^2 * (L/4) \quad (V)$$

Donde:

V= Volumen en pmt

C = Circunferencia en pulgadas en el extremo menor de la troza

L = Largo en varas

$$1 \text{ vara} = 34 \text{ pulgadas} = 0,86 \text{ m}$$

$$1 \text{ pulgada} = 2,54 \text{ cm}$$

4 = constante

Si aplicamos la fórmula a la misma troza de caoba de los ejemplos anteriores, tendremos:

$$V = (92,76 / 4)^2 * (4,65 / 4)$$

$$V = (23,19)^2 * (1,1625)$$

$$V = 537,8174 * 1,1625$$

$$V = 625,21 \text{ pmt}$$

Esta es una fórmula comercial, de amplio uso en la comercialización de madera para obtener y procesar información sobre costos, rendimientos y mercadeo. Por razones de alcance de este capítulo no entramos en más detalles.

Esta fórmula también es conocida como de 'mecate', ya que se puede usar un mecate o cuerda para determinar la circunferencia de la troza; el largo del mecate luego se compara con una cinta métrica en escala de pulgadas para determinar la dimensión real de la troza.

El sistema Doyle se emplea para cubicar en pies tablares la madera en rollo. La fórmula es la siguiente:

$$V = ((D-4)/4)^2 * L \quad (VI)$$

Donde:

V= Volumen en pt

D= Diámetro en pulgadas medido en el extremo menor

L= Largo en pies

4 = constante



Al desarrollar la fórmula tendremos que:

$$\begin{aligned}V &= ((29,52 - 4) / 4)^2 * 13,12 \\V &= ((25,52) / 4)^2 * 13,12 \\V &= (6,38)^2 * 13,12 \\V &= 40,7044 * 13,12 \\V &= 534,04 \text{ pt}\end{aligned}$$

9.5.1.2 Cubicación de la madera aserrada

Cuando la madera ya está aserrada podemos medir el **rendimiento volumétrico**: el volumen de productos maderables aserrados reales obtenidos por árbol o por troza. Su cubicación también puede hacerse en varias unidades.

Para la cubicación **en metros cúbicos** de madera aserrada se aplica la siguiente fórmula:

$$V = L * A * E \quad (\text{VII})$$

Donde

V = Volumen en metros cúbicos

L= Largo del producto en metros

A = Ancho del producto en metros

E = Espesor del producto en metros

Para desarrollar la fórmula debemos conocer el número de piezas aserradas y sus dimensiones. Siguiendo con el ejemplo de la troza de caoba, el rendimiento de madera en rollo había sido de 2,0185 m³. Después de aserrada, se obtuvieron 26 piezas de 4 m x 8" x 2"

Al aplicar la fórmula tendremos:

$$\begin{aligned}V &= 4 * 02032 * 0,0508 \\V &= 0,04129 (26) \\V &= 1,0735\end{aligned}$$

Si se desea cubicar piezas cuyo ancho y espesor están dados en centímetros y su largo en metros, la fórmula se utiliza de la siguiente forma. La medida de espesor y ancho en centímetros es muy utilizada con piezas de variadas dimensiones (cabería); por lo tanto con esta fórmula se puede cubicar fácilmente cualquier cantidad o paquete de madera, sin importar las diferencias en dimensiones.

$$V = (L * A * E) / 10\,000 \quad (\text{VIII})$$

Donde

V = Volumen en metros cúbicos

L= Largo del producto en metros

A = Ancho del producto en centímetros

E = Espesor del producto en centímetros

10.000 = constante



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Los resultados de la aplicación de la fórmula se ilustran en el Cuadro 9.3.

Cuadro 9.3. Ejemplo de cubicación de caberías en metros cúbicos					
Espesor (cm)	Ancho (cm)	Largo (m)	Cantidad piezas	Volumen unitario (m ³)	Volumen total (m ³)
5,08	20,32	2,50	2	0,02581	0,05161
2,54	25,40	1,75	7	0,01129	0,07903
5,08	7,62	1,0	43	0,00387	0,1664
Total m ³					0,2970

Para la cubicación de la madera aserrada **en pies tablares** se usa la siguiente fórmula:

$$V = (E * A * L) / 12 \quad (IX)$$

Donde

V = Volumen en pies tablares

E = Espesor del producto en pulgadas

A = Ancho del producto en pulgadas

L = Largo del producto en pies

12 = Constante

Siguiendo con las 26 piezas aserradas de caoba, tenemos:

$$\begin{aligned}
 V &= (2 * 8 * 13,12) / 12 * 26 \\
 V &= 17,49 * 26 \\
 V &= 454,74 \text{ pt}
 \end{aligned}$$

Para la cuantificación de la madera aserrada en **pulgadas madereras ticas (pmt)**, se utiliza la fórmula:

$$V = E * A * L / 4 \quad (X)$$

Donde

V = Volumen en pulgadas madereras ticas

E = Espesor del producto en pulgadas

A = Ancho del producto en pulgadas

L = Largo del producto en varas (en este caso 33" por vara debido a que se asume que en el proceso de aserrar y alistar –sanear- se pierde 1" de largo por vara. La medida en troza estaba sobredimensionada para prevenir inconvenientes en el proceso de acabado de la madera)

4 = constante

Aserrió in situ



De nuevo, las 26 piezas aserradas rendirán:

$$V = 2 * 8 * 4,77 / 4 * 26$$

$$V = 19,08 * 26$$

$$V = 496 \text{ pmt}$$

Si lo que se desea es cubicar piezas cortas (cabería) en pmt, entonces se debe utilizar la fórmula de la manera siguiente (ver fórmula XI). Esta fórmula es útil para calcular el volumen de piezas cortas no estándares y con dimensiones de ancho, espesor y largo en pulgadas.

$$V = E * A * L / 132 \quad (\text{XI})$$

Donde

V = Volumen en pulgadas madereras ticas

E = Espesor del producto en pulgadas

A = Ancho del producto en pulgadas

L= Largo del producto en pulgadas

132 = Constante, debido a la multiplicación de 4 varas x 33 pulgadas

Los resultados de la aplicación de la fórmula aparecen en el Cuadro 9.4.

Cuadro 9.4. Ejemplo de cubicación de caberías en pulgadas madereras ticas					
Espesor (pulgadas)	Ancho (pulgadas)	Largo (pulgadas)	Volumen unitario (pmt)	Cantidad (piezas)	Volumen total (pmt)
2,00	8,50	99,0	12,75	12,00	153,00
2,00	8,00	99,0	12,00	1,00	12,00
2,00	7,50	99,0	11,25	2,00	22,50
2,00	9,00	82,5	11,25	2,00	22,50
2,00	8,00	82,5	10,00	2,00	20,00
2,25	7,50	82-5	10,55	2,00	21,10
2,00	8,00	66	8,00	2,00	16,00
1,00	8,00	66	4,00	14,00	56,00
3,00	8,00	49,5	9,00	2,00	18,00
Volumen total aserrado (pmt)					341,10

Esta fórmula tiene la ventaja de que todas las dimensiones se expresan en la misma unidad y no hay que convertir la longitud a varas. Si los largos estuvieran expresados en varas, estos valores deben de dividirse entre la constante 4 y el resultado se multiplica por el espesor y por el ancho en pulgadas para obtener la cubicación de la pieza.



9.5.2 Obtención del rendimiento volumétrico

Como se mencionó en la sección anterior, durante el proceso de aserrío es conveniente hacer al menos dos cubicaciones, una inicial que determina la cuantificación inicial en rollo y la segunda que determina el total de madera obtenida una vez procesada. Para ambas cubicaciones se utilizan diversas formas de medición y el resultado final también se determina en diversas unidades.

Tales cubicaciones también son útiles cuando queremos conocer el **rendimiento** alcanzado. Dicho rendimiento se obtiene por medio de una razón o factor, denominado **factor de recuperación de la madera (FRM)**, el cual multiplicado por cien nos indica el porcentaje de rendimiento que se obtuvo al final del proceso de aserrío. El FRM determina el porcentaje de madera aserrada con relación al volumen real de troza empleado. Para esta determinación existen diversas formas y a continuación se citan las más utilizadas:

Relación en el sistema métrico decimal

$$\text{FRM \%} = (\text{m}^3 \text{ de madera aserrada} / \text{m}^3 \text{ de madera en troza}) * 100$$

Para conocer la aplicabilidad y los resultados se utiliza información antes determinada.

$$\begin{aligned}\text{FRM \%} &= (\text{Fórmula VII}) / (\text{Fórmula I}) 100 \\ \text{FRM\%} &= (1,0735 \text{ m}^3 / 2,0185 \text{ m}^3) * 100 \\ \text{FRM\%} &= 53,18 \%\end{aligned}$$

El resultado indica que para este caso en particular, del total de madera en rollo (100%) se obtuvo un 53% de rendimiento en madera aserrada.

Relación en pies tablares

$$\begin{aligned}\text{FRM \%} &= (\text{pies tablares madera aserrada} / \text{pies tablares madera en troza}) 100 \\ \text{FRM \%} &= (\text{Fórmula IX}) / (\text{Fórmula IV}) \\ \text{FRM\%} &= (454,83 \text{ pt} / 853,72 \text{ pt}) * 100 \\ \text{FRM\%} &= 53,28 \%\end{aligned}$$

Aquí también se obtuvo un 53% de rendimiento en madera aserrada.

Relación en pulgadas madereras ticas

$$\begin{aligned}\text{FRM \%} &= (\text{pmt de madera aserrada} / \text{pmt de madera en troza}) * 100 \\ \text{FRM \%} &= (\text{Fórmula X}) / (\text{Fórmula V}) * 100 \\ \text{FRM\%} &= (496 \text{ pmt} / 625 \text{ pmt}) * 100 \\ \text{FRM\%} &= 79,36 \%\end{aligned}$$

El FRM es muy útil para conocer el rendimiento del aserrío.



El rendimiento fue de un 79% en madera aserrada.

Para este caso en particular el resultado obtenido es muy alto, lo cual se debe a que la cubicación de madera en rollo con el método de pmt tiende a subestimar el volumen y por lo tanto al hacer relaciones de este tipo no se refleja la realidad.

El volumen de la madera en troza se ve disminuido al transformarlo a elementos aserrados. Es necesario emplear siempre las mismas unidades de medida y relacionar metros cúbicos con metros cúbicos, pies tablares con pies tablares, etc.

Se hace especial énfasis en no caer en el error de relacionar el volumen comercial determinado en primera instancia (por ejemplo, volumen en pie) con el volumen aserrado. Si el volumen de la troza fue descontado, disminuido o reducido por cualquier razón (defectos, cortes, medición, fórmula empleada, etc.) ya no es más válida la comparación con el aserrado para efectos de obtener un porcentaje de factor de recuperación de la madera.

La adecuada toma de información (clara certeza de que la troza se midió correctamente) es muy útil para la industria al hacer el análisis de costos y rendimientos. Por eso se insiste tanto en el empleo de la fórmula de Smalian para determinar el volumen de las trozas y no inducir a la subestimación del volumen. Con la madera aserrada ya no hay mayor complicación para una buena cubicación, debido a que se tienen bien definidos el espesor, ancho y largo. Los autores, por su experiencia y trabajo de campo, sugieren hacer ambas mediciones y registros. Así tendremos información más confiable sobre el FRM y sobre el costo final de la madera aserrada según las variables comerciales que mediaron en la negociación (medición, deducciones, castigos).

9.5.3 Equivalencias entre unidades volumétricas de madera aserrada y relaciones proporcionales

Para madera aserrada y acomodada como un bloque sólido se tienen las siguientes **relaciones de equivalencias** con respecto a las diferentes unidades de volumen más utilizadas en Centroamérica:

- 1 metro cúbico = 462 pulgadas madereras ticas
- 1 metro cúbico = 35,32 pies cúbicos
- 1 metro cúbico = 423,84 pies tablares
- 1 pie cúbico = 12 pies tablares

Las relaciones proporcionales (RP) se refieren a la cantidad de madera aserrada obtenida y expresada en alguna unidad de medición diferente de metros cúbicos, y su relación con respecto a la cantidad de madera en rollo (expresada en metros cúbicos) que la originó.

Relación proporcional entre pmt y metros cúbicos.- En Costa Rica, como se ha mencionado, comúnmente se expresa el volumen de madera en rollo en pmt. Para encontrar la relación proporcional en metros cúbicos se utiliza:

Las equivalencias entre unidades volumétricas son muy utilizadas en la comercialización de madera en la Región.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

$RP = \text{pmt de madera aserrada} / \text{m}^3 \text{ de madera en troza original}$

Utilizando las fórmulas del acápite anterior tenemos:

$$\begin{aligned} RP &= (\text{Fórmula X} / \text{Fórmula I}) \\ RP &= (496 \text{ pmt} / 2,0185 \text{ m}^3) \\ RP &= 246 \text{ pmt} / \text{m}^3 \end{aligned}$$

Por ejemplo, si de un rollo de madera cubicado en $2,0185 \text{ m}^3$ obtuvimos 496 pmt aserradas, tendremos que la RP es de 246 pmt aserradas/ m^3 troza. Desde luego que esta relación es específica para cada caso individual, debido a que depende de la especie, dimensiones de la troza, patrón de corte, calidad del equipo, espesor de herramienta (aserrín), etc., por lo que la relación proporcional varía.

Relación proporcional entre pies tablares y metros cúbicos.- En Honduras y otros lugares es muy común utilizar relaciones de proporción entre pie tablar y metros cúbicos (pt/m^3).

$$\begin{aligned} RP &= (\text{Fórmula IX} / \text{Fórmula I}) \\ RP &= (454,83 \text{ pt} / 2,0185 \text{ m}^3) \\ RP &= 225 \text{ pt}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

Esto quiere decir que se obtuvieron 454,83 pt aserrados de $2,0185 \text{ m}^3$ de troza, lo cual da como resultado una proporción de $225 \text{ pt}/\text{m}^3$ para este caso en particular. Al igual que en el caso anterior, si se cambian las variables involucradas en la transformación como especie, dimensiones de la troza, patrón de corte, calidad del equipo, espesor de herramienta (aserrín), etc., la relación proporcional varía.

9.5.4 Clasificación y almacenamiento de la madera

En el mercado Centroamericano la clasificación de la calidad de la madera aserrada se rige por normas locales.

Existen diversas formas de clasificar la madera de acuerdo con su calidad de acabado. No obstante, una clasificación típica incluye tres categorías:

Madera de primera. Se trata de la madera que cumple con los requisitos del mercado en cuanto a dimensiones (ancho, largo y espesor) y no presenta malformaciones de ningún tipo.

Madera de segunda. Estas maderas presentan algunas deficiencias en cuanto a dimensiones (ancho, largo o espesor) y algunas malformaciones como pandeos torceduras, agrietamientos, etc.

Cabería. Estas son piezas cortas conocidas como 'cabos' que están lejos de llenar los requisitos de longitud que dicta el mercado y por lo tanto su calidad es inferior. Este producto se usa principalmente para acabados en construcciones, mueblería y otros en donde no se requiere de piezas de gran tamaño.

Las normas de clasificación de madera aserrada en los mercados locales varían según la especie, lugar, cliente, etc. La National Hardwood Lumber Association (NHLA) de los Estados Unidos tiene sus propias reglas estandarizadas, las cuales definen las calidades de medida de superficie, cara limpia, espesores, anchos y largos, así como defectos admisibles y no admisibles. Estas normas son las que se aplican a la importación de maderas tropicales.



El otro aspecto importante a la hora de trabajar con madera es el **almacenamiento**. Para proteger la madera del ataque de fitopatógenos y de las inclemencias del tiempo es necesario guardarla bajo techo, sobre todo si no se va a usar de inmediato. Lo ideal es seguir un estricto sistema de apilado que permita almacenar la mayor cantidad de madera en el espacio disponible, así como manipularla con facilidad cuando se requiera.

Como regla general, si la madera ha alcanzado un CH del 18% se puede desempalillar y empaquetar en forma sólida. De lo contrario, debe almacenarse con separadores y al menos a 20 cm sobre el piso para permitir la circulación del aire.

Para el transporte, la madera debe cubrirse apropiadamente para evitar que se moje.

En esta sección hemos:

- Analizado: los métodos de cubicación:
 - Cubicación de la madera en rollo
 - Cubicación de la madera aserrada
- Presentado la forma de obtener el rendimiento volumétrico / factor de recuperación de la madera.
- Definidas la relaciones de equivalencias con respecto a las diferentes unidades de volumen.
- Especificado una clasificación típica de la madera acabada: madera de primera, madera de segunda y cabería.
- Indicado la importancia del correcto almacenado de la madera.

9.6 Control de la producción

El aserrío *in situ* no acaba con la elaboración de los diferentes productos y labores posteriores de cubicación, clasificación y almacenaje; además, es necesario cuantificar la producción. Con el propósito de conocer, comparar y analizar los costos incurridos y los rendimientos y utilidades obtenidos se recomienda emplear las técnicas descritas en el Capítulo 10. Con esas técnicas se busca recolectar información básica para llevar el control de las variables indicadas. En esta sección nos limitaremos a analizar un estudio de caso de aserrío *in situ* en La Tirimbina, Costa Rica; el lector deberá buscar los fundamentos teóricos en el Capítulo 10 de esta misma obra.

Para el adecuado control de la producción se requiere recolectar información de tiempos y movimientos de cada actividad, mano de obra e insumos requeridos, rendimientos y precios para los costos y utilidades.



Recuadro 9.1

Resultados del aserrío *in situ* en La Tirimbina, Costa Rica (basado en Quirós 1998)

Este estudio de caso se ejecutó con el fin de recolectar información sobre el aserrío *in situ* con motosierra y marco en La Tirimbina, Costa Rica. Se emplearon las técnicas siguientes: determinación de rendimientos mediante tiempos y movimientos, rendimiento por faena y rendimientos porcentuales de aserrío (FRM).

Determinación del rendimiento de cada subactividad por tiempos y movimientos

En el Cuadro 9.R.1 se hace un recuento de los tiempos determinados.

Cuadro 9.R.1 Tiempo empleado por subactividad de aserrío en La Tirimbina, Sarapiquí, Costa Rica, 1990					
Subactividad	Tiempo (horas)			Tiempo total	
	Productivo	Productivo indirecto	Improductivo	Horas	%
Recorrido	-	5,18	-	5,18	3,0
Preparación	-	5,11	-	5,11	3,0
Acomodo	-	41,33	-	41,33	24,5
Aserrío	62,12		-	62,12	37,0
Mantenimiento y afilado	-	6,93	-	6,93	4,0
Reparación	-	32,94	-	32,94	19,5
Pausa	-	-	15,30	15,30	9,0
TOTAL	62,12	91,49	15,30	168,0	-
Promedio*	2,95	4,35	0,72	8,0	-
Porcentaje promedio**	36,68	54,17	9,06	-	100

* Promedio de un total de 21 jornadas de 8 horas cada una

** Porcentaje respecto al tiempo total, con una jornada de 8 horas

Fuente: Quirós 1998

Con la información recolectada se determinó el tiempo invertido en cada actividad, el personal necesario y materiales requeridos. Con los datos de costos del tiempo del personal (costo del jornal) y los costos de materiales y equipo se deducen los costos siguientes:

Costo de operación de maquinaria = (tiempo real de operación de la motosierra) (costo horario)

$$(62,12 \text{ horas}) (\text{US\$}3,74/\text{hora})^1 = \text{US\$} 232$$



Costo de mano de obra = número de jornales * costo del jornal

operador: 21 jornales * US\$29,30 por jornal¹ = US\$ 615

ayudante: 21 jornales * US\$12,13 por jornal¹ = US\$ 255

El costo total asciende, entonces, a US\$1102, de los cuales el 79% corresponde al pago de mano de obra y el 21% a costos de operación.

Esta es una manera muy confiable de determinar costos; sin embargo, se pueden analizar otros escenarios frecuentes, tales como:

- Alquiler de maquinaria, más pago de la mano de obra
- Alquiler de maquinaria que incluye el costo de la mano de obra
- Pago por unidad de volumen aserrada
- Otros escenarios propios de la región o país

Control de rendimientos

En el estudio evaluamos dos tipos de controles: rendimiento por faena (cantidad de madera aserrada en determinado periodo) y rendimientos del aserrío.

En La Tirimbina se consideró el **rendimiento por faena** al producto procesado en una jornada de ocho horas por un operador y su ayudante. Los resultados indican que el proceso de aserrío de madera residual requirió un total de 21 jornales (8 horas/jornal), para un *consumo* de 28,0 m³ de madera en troza y una *producción* total de 14,6 m³ de madera aserrada (cuadros 9.R.3 y 9.R.4). El rendimiento promedio de producto por jornal fue de 0,695 m³; en promedio, 50 piezas de diversas dimensiones. La subactividad real de aserrío en porcentaje de eficiencia consumió el 37% del tiempo, el restante 63% se empleó en subactividades complementarias: 54% tiempo productivo indirecto y 9% tiempo improductivo (cuadros 9.R.1 y 9.R.2).

Cuadro 9.R.2. Rendimientos de producción en las actividades de aserrío en La Tirimbina, Sarapiquí, Costa Rica, 1990

Procedimiento de cálculo	Unidades	Rendimiento
14,6 m ³ aserrados/21 jornales	m ³ aserrados/jornal	0,695
(62,12 horas productivas/168 horas totales) * 100	Porcentaje productivo	36,97
(91,49 horas productivas indirecto/168 horas totales) * 100	Porcentaje productivo indirecto	54,45
(15,3 horas improductivas/168 horas totales) * 100	Porcentaje improductivo	9,10
168 horas totales/14,6 m ³ aserrados	Horas totales/m ³ aserrado	11,51
62,12 horas productivas/14,6 m ³ aserrados	Horas productivas/m ³ aserrado	4,25
14,6 m ³ aserrados/168 horas totales	m ³ aserrados/horas totales	0,09
14,6 m ³ aserrados/62,12 horas productivas	m ³ aserrados/horas productivas	0,235

¹ Datos actualizados en dólares de 1990 al 2001, según cálculo de inflación determinado en página www.westegg.com/inflation (Fredman 2001). El costo hora-máquina original fue de ¢369/hora, obtenido mediante el método de cálculo para determinar los costos de operación de la maquinaria, según Anaya y Christiansen (1986). Costos originales de mano de obra: operador = ¢2885/día y ayudante = ¢1194/día. 1US\$ = ¢135 (para el año 1990).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Con la información de rendimientos de producción se define el volumen de productos aserrados o terminados por unidad de tiempo; además se determina el tiempo necesario para producir cierta cantidad de volumen de productos aserrados o terminados. Así, se puede determinar el peso porcentual de una actividad o grupo de actividades, en relación con el tiempo total invertido. Todo esto es de suma importancia para llevar un control de rendimientos y producción.

Si comparamos el rendimiento volumétrico por jornal que obtuvimos en La Tirimbina con lo reportado por otros estudios, encontramos que nuestros resultados no son satisfactorios. Castañeda *et al.* (1995) registraron una producción diaria promedio de $1,0 \text{ m}^3$ aserrado de madera en cuadro (*timber*). En Honduras, en la comunidad de Toncontín se han registrado producciones diarias promedio de madera en cuadro de $0,79 \text{ m}^3$ (Venegas 2000). Si bien el rendimiento en La Tirimbina es bastante menor, hay al menos tres razones que justifican tales diferencias:

- Los aprovechamientos reportados por Castañeda *et al.* (1995) y Venegas (2000) son de árboles comerciales; en nuestro caso son árboles residuales.
- En esos aprovechamientos, todas las especies se aserraron en bloques; en nuestro caso se aserró madera de diferentes dimensiones.
- En nuestro caso, al tratarse de un aprovechamiento de residuos, el rendimiento del aserrío por hora productiva es menor por las subactividades productivas indirectas de recorrido, preparación y acomodo (30,5% del tiempo total). Mucho tiempo se emplea en ubicar los residuos, sacarlos debajo de ramas y vegetación o desenterrarlos; además, hay que hacer cortes extras con motosierra, lo cual no sucede en un aprovechamiento de árboles comerciales.

Brenes (1993) en un aserrío de árboles residuales presenta rendimientos promedios diarios de $0,51 \text{ m}^3$ en la elaboración de productos como reglas, alfajillas, tablas, postes y bloques. Por hora productiva el rendimiento fue de $0,25 \text{ m}^3$ en comparación con $0,235 \text{ m}^3$ en La Tirimbina.

En otro estudio sobre aserrío de piezas de diferentes dimensiones, se determinaron rendimientos promedios de $0,06 \text{ m}^3$ por hora productiva en aprovechamiento de árboles comerciales (Dubon 1996). Pedroni (1993) en el aserrío de tablas de diferente espesor encontró rendimientos promedios por hora productiva de $0,132 \text{ m}^3$ provenientes de árboles caídos.²

El **rendimiento en consumo** se define como el volumen de madera en troza aserrada por unidad de tiempo; o sea, el tiempo necesario para aserrar cierta cantidad de volumen de madera en troza. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 9.R.3. Esta información es de suma importancia, ya que ante un eventual inventario y cubicación de trozas en un bosque se tienen datos confiables para realizar el planeamiento logístico, tiempo de duración de la actividad y poder decidir si vale la pena invertir en la actividad debido al precio de la madera.

² Todos estos datos sobre rendimiento fueron ajustados a una producción de operario y ayudante con un turno de ocho horas.



Cuadro 9.R.3 Rendimientos en consumo de las actividades de aserrío en La Tirimbina, Sarapiquí, Costa Rica, 1990

Procedimiento de cálculo	Unidades	Rendimiento
28,0 m ³ en troza/21 jornales	m ³ en troza/jornal	1,33
168 horas totales/28,0 m ³ en troza	horas totales/m ³ en troza	6,0
62,12 horas productivas/28,0 m ³ en troza	horas productivas/m ³ en troza	2,21
28,0 m ³ en troza/168 horas totales	m ³ en troza/horas totales	0,16
28,0 m ³ en troza/62,12 horas productivas	m ³ en troza/horas productivas	0,45

El **rendimiento porcentual del aserrío (FRM)** se refiere a la cantidad de madera aserrada y comparada con el volumen inicial en rollo. Este es un indicador de cómo funciona el equipo utilizado, la calidad de la materia prima y el efecto de la experiencia de los trabajadores, al mantener o mejorar el proceso de aserrío. El Cuadro 9.R.4 presenta los datos de rendimientos porcentuales en La Tirimbina.

Cuadro 9.R.4 Rendimientos porcentuales obtenidos con el aserrío de madera residual en La Tirimbina, Sarapiquí, Costa Rica, 1990

Dimensiones en pulgadas (espesor x ancho)	Rendimiento % *
¾" x 6"	38-42
¾" x 7"	38-42
¾" x 8"	38-42
¾" x 9"	38-42
¾" x 10"	38-42
¾" x 11"	38-42
2" x 3"	48-52
4" x 4"	56
5" x 5"	56
Todas las dimensiones	52* 50**

*: Se presenta un rango ya que se hicieron observaciones en diferentes fechas y momentos; además estos rangos se cumplen para todas las especies trabajadas.

** : % corresponde al promedio de todas las dimensiones de espesor. Las especies aserradas fueron: gavilán (*Pentaclethra macroloba*), botarrama (*Vochysia ferruginia*), manú (*Minquartia guianensis*), lorito (*Humirastrium diguense*), caobilla (*Carapa guianensis*), manga larga (*Laetia procera*) y cedro manteco (*Tapirira guianensis*)

Fuente: Quirós 1998.

El porcentaje de rendimiento promedio (FRM) con todas las dimensiones y especies aserradas dio como resultado un 50% como rendimiento mínimo y 52% como rendimiento máximo. Con diferentes dimensiones de aserrío, el porcentaje de rendimiento aumenta con la dimensión de las piezas (Cuadro 9.R.4). Estos datos se obtuvieron mediante aserrío en dimensiones tradicionales usadas por la industria y el mercado en longitudes de uso común 3 y 4 varas (2,58 m y 3,44 m respectivamente).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Brenes (1993) en aprovechamiento de madera residual para bloques y con tres especies diferentes encontró un rendimiento de 46,85%; asimismo, para productos como reglas alfajillas, tablas, postes y bloques de cuatro especies diferentes, el mismo autor encontró un rendimiento de aserrío del 36,63%. Pedroni (1993) encontró un rendimiento de 43,79% en el aserrío de tablas de diferente espesor, en un aprovechamiento comercial de árboles caídos de una sola especie. Por su parte, Castañeda *et al.* (1995) registraron un rendimiento de 55,99 % de madera en cuadro en el aprovechamiento de árboles comerciales de ocho especies diferentes, y de 44,13 % en el aserrío de tablas en el aprovechamiento de árboles comerciales de cinco especies.

Según Dubon (1996) el rendimiento de aserrío para la elaboración de bloques, cuartones, tablones y tablas de diferentes dimensiones fue de 53,3% en el aprovechamiento de árboles comerciales de una sola especie. Con los datos presentados en la investigación de Cruz (1998) se infirió un rendimiento de 43,66% en el aserrío de bloques cuartones, tablones, tablas de diferentes dimensiones en aprovechamiento de árboles comerciales de una especie.

Si se comparan con los datos anteriores, los porcentajes de rendimiento obtenidos en La Tirimbina están dentro de un margen aceptable. Hay que destacar, sin embargo, que el instrumento cortante (cadena) utilizado no reunía las características más adecuadas para ese fin, por el espesor de corte de $\frac{1}{4}$ " (6 mm). Al aserrar piezas de dimensiones menores, el porcentaje de desperdicio aumenta (Cuadro 9.R.4) debido a que se hace un mayor número de cortes en cada troza o bloque. El rendimiento depende del diámetro y largo de la troza (el rendimiento aumenta con las dimensiones de la troza), estado sanitario, conicidad y especie aserrada. En nuestro caso, las especies de madera dura, como manú, se procesaron en cuadro, en tanto que de las especies semiduras y suaves, como botarrama y caobilla, el producto final fue tablilla.

El Cuadro 9.R.5 ofrece una comparación de rendimientos considerando madera de diversas proveniencias, tamaño y tipo de aserradero.

Cuadro 9.R.5 Comparación del rendimiento obtenido de madera residual de bosque natural procesada con motosierra y marco versus madera de plantaciones y bosque natural procesada en un aserradero convencional mediano en Costa Rica

Línea/tipo de aserradero	Tipo de troza	Diámetro promedio (cm)	Largo (m)	Rango rendimiento (%)
Madera residual de bosque natural*/motosierra y marco	Residual	50	2,5- 3,4	50 – 52
Madera de diámetros menores de plantaciones**/ aserradero mediano	Raleos (entresacas)	15	2,5	30 – 35
Madera de diámetros menores de plantaciones**/ aserradero mediano	Cosecha final	30	3,4	40- 60
Madera de bosque natural/ aserradero convencional**	Cosecha	60	3,4	45- 75

*Quirós 1998

**Serrano 2000



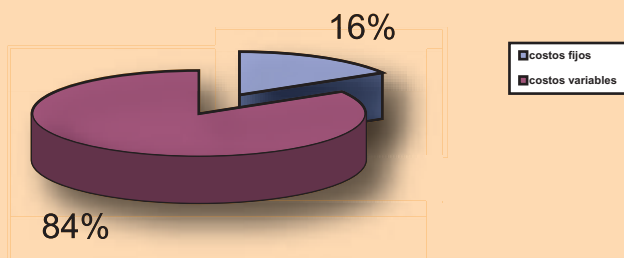
En esta sección hemos:

- Ilustrado con un estudio de caso de aserrío *in situ* los costos incurridos y los rendimientos y utilidades obtenidas.

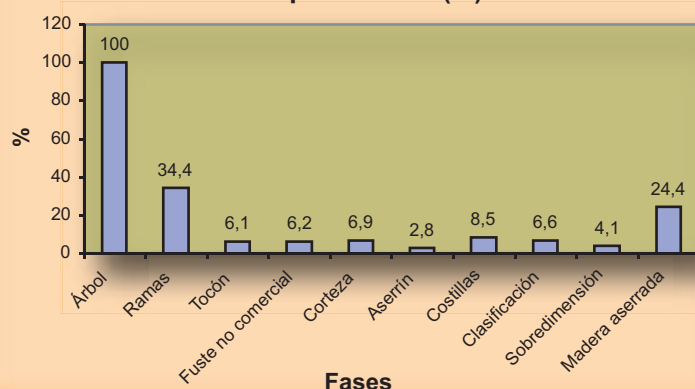
9.7 Bibliografía

- Anaya, H; Christiansen, P. 1986. Aprovechamiento forestal, análisis de apeo y transporte. IICA. 246 p.
- Almendares, R.J; Avila, D. 2002. Sistematización de Experiencias Seleccionadas del Proyecto CATIE/ TRANSFORMA en Honduras. La Ceiba, Atlántida, Proyecto (SIMO). 68 p.
- Alvear Alegría, M; Ramos B, A; Abeda Perez, A. 1993. Secado al aire de 37 maderas nicaragüenses. IRENA. Managua, Nicaragua. sp.
- Brenes, X. 1993. Potencial de utilización de residuos de aprovechamiento forestal en bosque natural. Informe de práctica de especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 58 p.
- Castañeda, A; Carrera, F; Flores, J. 1995. Extracción con bueyes y aserrío con motosierra y marco: una alternativa para el manejo forestal comunitario. *In* Actas del II Congreso Forestal Centroamericano celebrado del 27 al 29 de septiembre de 1995. San Pedro Sula, Honduras. Tomo II pp 32 - 52.
- Cruz, M. 1998. Investigación comparativa entre dos tipos de marco. Proyecto forestal PROINEL – TRANSFORMA- PDBL- COHDEFOR. La Ceiba, Honduras. 16 p.
- Dubon, P. 1996. Evaluación comparativa entre sistema de aserrío manual tradicional con sierra de viento y el aserrío con motosierra con marco en la Costa Norte de Honduras. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 123 p.
- Fonseca, O; Quirós, D. 1999. Aserradero manual de motosierra con marco, equipó básico y modo de operación. Manejo Forestal Tropical no. 9. 8 p.
- Fredman, S.M. 2001. The inflation calculator. www.westegg.com/inflation
- Pedroni, L. 1993. Propiedades físicas, características de aserrío, secado y trabajabilidad de la madera de encino (*Quercus costaricensis*). 40 p. (Informe interno) Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Ortiz, S; Carrera, F; Orrmeño, L.M. 2002. Comercialización de productos maderables en concesiones forestales comunitarias en Petén, Guatemala. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 31 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 326. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 24)
- Quirós, D. 1998. Utilización de motosierra con marco en La Tirimbina, Costa Rica: determinación de costos, rendimientos y utilidades. Manejo Forestal Tropical no. 2. 8 p.
- Reiche, C. 1989. Manual para determinar rendimientos y costos de faena de producción de los sistemas de árboles de uso múltiple. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p.
- Sabogal, C; Castillo, A; Carrera, F; Castañeda, A. 2001. Aprovechamiento forestal mejorado en bosques de producción: Estudio de caso Los Filos, Río San Juan, Nicaragua. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 57 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 323. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 21).
- Serrano, R. 2000. Material Didáctico Curso de Tecnología de la Madera II. Cartago, Costa Rica, ITCR pp. 89 – 98. (Tecnologías para el aserrío de trozas de diámetros menores no. 8).
- Venegas, G. 2000. Información recopilada durante Curso de Aprovechamiento de Bajo Impacto. Comunidad de Toncontín, La Ceiba, Honduras. sp.

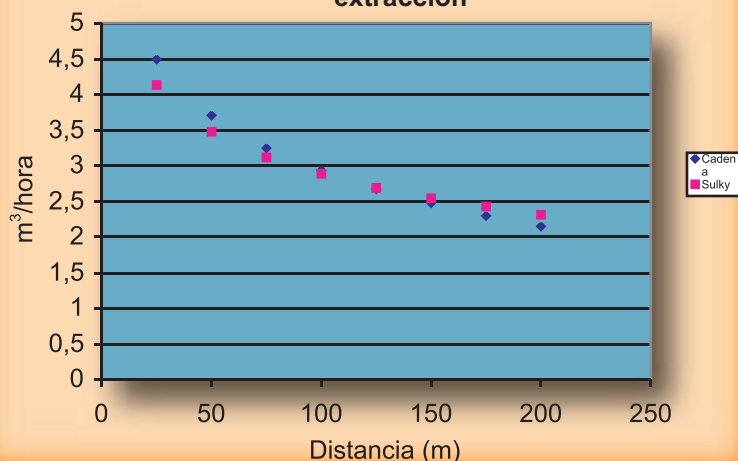
Determinación del porcentaje de los costos fijos y costos variables en un aprovechamiento forestal en Petén, Guatemala



Rendimiento del árbol en las fases de la cadena de producción (%)



Producción (m³/hora) de madera rolliza arrastrada con bueyes y cadena y sulky según distancia de extracción



Capítulo 10

Determinación de costos, productividad y rendimientos del aprovechamiento forestal

- 10.1 Introducción
- 10.2 Importancia de la determinación de costos y beneficios
- 10.3 Estructura de los costos e ingresos
 - 10.3.1 Productividad y rendimiento
 - 10.3.2 Costos fijos y costos variables
 - 10.3.3 Costos e ingresos en efectivo y no efectivo
- 10.4 Análisis financiero del aprovechamiento
- 10.5 Factores que influyen en el aprovechamiento y forma de analizarlos para la toma de decisiones
- 10.6 Métodos de recolección de información
 - 10.6.1 Estudio de tiempos y movimientos
 - 10.6.2 Estudio de faenas
 - 10.6.3 Recuperación de información
 - 10.6.4 Estudio de rendimientos
- 10.7 Bibliografía

Bastiaan Louman
Manuel Gómez
Guillermo A. Navarro

La factibilidad económica del aprovechamiento depende de los costos de mano de obra e insumos de una operación o actividad, de su productividad y del valor de sus productos.

10.1 Introducción

En los capítulos anteriores se desarrolló el proceso de planificación del aprovechamiento y los elementos técnicos para su ejecución. Casi en todos los capítulos se hace referencia a la necesidad de seleccionar la mejor alternativa entre varias con base en algunos criterios de selección. Uno de los principales criterios de selección es si un método -sea de tala, extracción, transporte o cualquier otra actividad- es económicamente factible, o más factible que otros con los que se podría conseguir el mismo resultado.

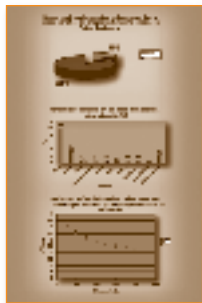
Imagínese la siguiente situación: una empresa quiere comprar un equipo forestal (por ejemplo, un tractor de oruga) que vale US\$150.000; el mantenimiento, reparaciones y uso cuestan US\$30.000/año; los operadores y ayudantes cuestan US\$18.000/año, más otros gastos de operación del aprovechamiento que llegan a unos US\$30.000/año. El bosque contiene suficiente madera de caoba (*Swietenia macrophylla*) para producir 1600 m³/año por un valor de US\$240.000 (a US\$150/m³), puesto en el patio de acopio. La empresa podría recuperar su inversión en más o menos dos años, mientras que la vida útil normal de un tractor es de alrededor de cinco años. En principio, parece un muy buen negocio. Sin embargo, por lo menos podría haber tres razones para que la operación no sea factible: 1) La empresa no tiene suficiente dinero para hacer la inversión inicial y no tiene acceso a crédito (una situación muy común en América Central, particularmente para pequeñas y medianas empresas forestales). 2) La empresa no tiene personal capacitado para operar la maquinaria y/o planificar bien el sistema de aprovechamiento para que se logre utilizar la máquina a plenitud, con lo que la producción sería mucho menor que lo previsto. 3) La empresa no logra vender la madera por falta de mercado, o la vende a precios mucho más bajos.

Si ocurre uno de estos casos, podría ser mejor para la empresa contar con equipo de aserrío en el bosque (por ejemplo una motosierra con marco) y animales de tracción para un aprovechamiento a escala menor, pero más rentable por unidad de producto (metro cúbico en este caso). Con estos equipos podría gastar anualmente hasta US\$5000 en las operaciones de tala, aserrío y extracción hasta el patio, y otros US\$30.000/año en mano de obra. Si se sacaran unos 400 m³, a US\$200/m³, se tendría un ingreso de US\$80.000/año. Con esta opción se ganaría más a corto plazo, aunque a partir del tercer año la ganancia sería mayor con maquinaria si se pudiera extraer y vender toda la madera disponible para el aprovechamiento.

Este ejemplo indica que la **factibilidad económica** depende de los costos de mano de obra e insumos de una operación o actividad, de su productividad y del valor de sus productos. Estos son los aspectos que analizaremos en este capítulo. La factibilidad económica también depende de la posibilidad de hacer la inversión inicial necesaria para ejecutar la operación y de vender todo el producto. Si bien estos aspectos son importantes para un buen desempeño del aprovechamiento, no se consideran en este texto; se sugiere consultar trabajos especializados en créditos y mercadeo.



La factibilidad económica depende de los costos de mano de obra e insumos de una operación o actividad, de su productividad y del valor de sus productos.



10.2 Importancia de la determinación de costos y beneficios

El aprovechamiento es una actividad que se lleva a cabo a lo largo de un año, aunque en América Central generalmente no cubre más de seis meses. Si bien es una actividad de corta duración relativa, es la que tiene mayores implicaciones dentro del proceso de manejo forestal, tanto en términos ambientales por los impactos que causa (Capítulo 12) como financieros: una gran parte de los costos y casi todos los ingresos del manejo ocurren en la fase de aprovechamiento. Entonces, para el manejo sostenible del bosque es imprescindible asegurar que el aprovechamiento sea una actividad financieramente rentable.

No hay dudas en cuanto a la necesidad de conocer, antes de su ejecución, los **costos y beneficios** de una operación tan puntual del manejo forestal como lo es el aprovechamiento. Este ejercicio es esencial para determinar si vale la pena o no invertir tiempo y dinero en ella. Igualmente importante, pero a menudo menos reconocido, es el monitoreo de los costos y rendimientos de las operaciones una vez que las actividades estén en marcha. El **registro y análisis** frecuente de los costos y rendimientos ayuda a identificar problemas en la producción y a resolverlos antes de que sea demasiado tarde para poder recuperar las pérdidas sufridas por una mala operación.

Algunos de los **problemas** que pueden ocurrir durante el aprovechamiento son:

- El costo de realizar el censo comercial es muy alto
- La productividad de la tala es muy baja
- La productividad del arrastre es menor que la prevista
- No se logra sacar del bosque la madera prometida al comprador

Cada uno de estos problemas puede detectarse desde el inicio con un monitoreo de los costos y rendimientos; asimismo, por medio de estudios más detallados de costos y rendimientos se puede encontrar la causa de cada problema.

Una tala de baja productividad, por ejemplo, puede ser causada por un censo que sobrestimó el volumen disponible, un mapa de censo que no ubica correctamente los árboles a cortar, personal que no fue capacitado en el uso del mapa del censo o en el buen mantenimiento de la motosierra, el hallazgo de daños y defectos en la madera ya cortada, condiciones difíciles del terreno o clima, o el empleo de técnicas tradicionales de tala. En consecuencia, muchos árboles quedan amarrados en las copas de otros árboles, o arrastran consigo a otros árboles por la presencia de lianas. Cada uno de estos eventos puede causar atrasos en las actividades de aprovechamiento; los costos diarios se mantienen iguales pero la producción diaria baja a tal punto que se puede llegar a tener pérdidas.

La primera indicación de que pasa algo que puede afectar las ganancias se obtiene del monitoreo de los costos y la producción diaria o semanal. Si la producción es baja por varios días seguidos, probablemente algo anda mal. Entonces, es recomendable acompañar a la cuadrilla con baja productividad, estudiando en detalle sus operaciones y el tiempo que necesitan para realizarlas. A menudo con esto se logra identificar el problema y recomendar una solución.

Este capítulo estudia los métodos de análisis de la factibilidad financiera de la fase de aprovechamiento y los métodos que permiten recopilar la información necesaria como insumo para este análisis. Se pretende que al finalizar el capítulo, los lectores sean capaces de recopilar los datos sobre costos y rendimientos de las operaciones de aprovechamiento y analizar las implicaciones de estos datos para la factibilidad de las mismas.



En esta sección hemos:

- Indicada la importancia de la determinación de los costos y beneficios en el aprovechamiento forestal.

10.3 Estructura de los costos e ingresos

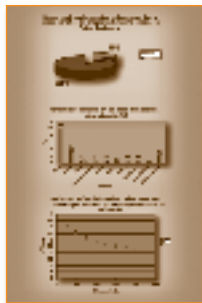
Ya que el aprovechamiento es una actividad a corto plazo, el análisis de su factibilidad financiera se limita a considerar los costos y beneficios que coinciden con el periodo de las operaciones (ver diferentes niveles de análisis en Gómez y Quirós 2001 y CONAP 1999a). La factibilidad financiera requiere una clasificación de costos y beneficios algo diferente de los análisis financieros de proyectos forestales en general: hay que determinar los ingresos reales por medio de la **productividad** y el **rendimiento**, y considerar los **costos fijos** (que no cambian con la producción durante el periodo de análisis) y los **costos variables** (cuya dimensión depende de la producción obtenida).

También es importante saber la **disponibilidad de fondos** para pagar las operaciones en el momento apropiado. En consecuencia, es necesario saber cuáles costos se pagan en efectivo y cuáles ingresos se reciben en efectivo y en qué momento. Esta información ayudará a determinar cuándo y cuánto se requiere de crédito y por cuánto tiempo, o cuánto capital se debe reservar para asegurar que habrá suficiente dinero en efectivo para mantener un flujo de caja normal durante las actividades.

10.3.1 Productividad y rendimiento

Estos dos conceptos determinan los ingresos reales que uno recibe del aprovechamiento forestal. Entendemos como **productividad**, la cantidad de productos que un equipo, persona o cuadrilla produce por unidad de tiempo (hora, día, año), por unidad de área (ha) u otra unidad de insumo que no sea la materia prima para el producto. Por ejemplo, la productividad de un equipo de motosierristas puede ser de 40 m³/día, o la de una cuadrilla que ejecuta un censo puede ser de 10 ha/día. También un tractor tiene su productividad, la cual se puede determinar con base en la información que ofrece el fabricante, la literatura, o estudios de campo con la máquina misma. En el Capítulo 6 se indica la productividad de diferentes tractores.

A menudo se confunde la productividad con el rendimiento, lo que es entendible porque los dos conceptos son muy parecidos. Sin embargo, es conveniente hacer la distinción.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

El **rendimiento** se refiere a cuántas unidades de producto elaborado se producen con la transformación de la materia prima. Por ejemplo, cuánta madera cortada (m^3) en el aprovechamiento llega al patio del aserradero, o cuántos metros cúbicos de madera en troza se necesitan para $1 m^3$ de madera aserrada, o cuánto dinero se recibirá por cada unidad monetaria invertida. Una característica en el concepto de rendimiento es que las unidades de medición utilizadas para expresar la cantidad de insumo son iguales a las unidades utilizadas para medir la cantidad de producto.

El rendimiento financiero del aprovechamiento se basa en la productividad como transformación del producto y en el rendimiento como volumen acabado.

Rendimiento es un término que se utiliza más que todo en estudios de transformación de la madera. Sin embargo, en un aprovechamiento forestal también se utiliza implícitamente en la transformación de la madera en pie a madera en troza. Desde la madera en pie como materia prima hasta la madera en troza puesta en el patio como producto se pierde volumen por defectos encontrados en el árbol cortado u otros daños causados durante las labores de corta, arrastre y manejo en el patio. Es decir, un talador que en un día produce $50 m^3$ en árboles volteados, puede tener un rendimiento de $35 m^3$ debido a la pérdida de volumen no aprovechable por daños o defectos y sanidad del producto. En este caso, el rendimiento del talador es de $35/50 \times 100 = 70\%$. También podemos perder madera con el sistema de cubicación que se utilice. En Honduras, se solía utilizar una relación de conversión de 180 pies tablares (pt) por metro cúbico de madera en rollo para el pago de impuestos. Ya que cada metro cúbico de madera en rollo en teoría tiene 424 pt, suponer que saldrán sólo 180 pt de producto en forma aserrada (sobre lo cual se paga el impuesto), supone un rendimiento del proceso de transformación de $180/424 \times 100 = 42\%$. Cómo se ve en estos ejemplos, el rendimiento generalmente se expresa en porcentaje de la cantidad de materia prima utilizada.

En el estudio de costos y beneficios del aprovechamiento, entonces, tendremos mayor interés en la productividad desde el punto de vista de la transformación del producto y en el rendimiento desde el punto de vista del volumen en troza que llega al patio, que es lo que nos va a brindar el rendimiento financiero del análisis: ¿cuánto dinero se ganará por cada unidad monetaria invertida?

10.3.2 Costos fijos y costos variables

Por la corta duración del aprovechamiento es importante separar los costos variables de los costos fijos. Los primeros dependen directamente del sistema de aprovechamiento que se ha escogido y del tipo de organización, equipos y materiales usados en la ejecución del aprovechamiento durante el año del análisis.

Ejemplos de costos variables son los insumos, materiales y servicios utilizados en el aprovechamiento. El combustible y lubricantes, transporte, repuestos y la revisión de maquinaria en un taller son costos variables.

Ejemplos de costos fijos son caminos, maquinaria, equipo, etc., los cuales tienen una vida útil de varios años, o de contrataciones u obligaciones permanentes, como los costos de administración, regencia y el pago de impuestos sobre bienes muebles e inmuebles.



La mano de obra puede considerarse un costo fijo o variable, dependiendo del caso. Por ejemplo, un tractorista, el capataz de la finca o un buen motosierrista pueden ser costos fijos ya que es mano de obra especializada en la cual se ha invertido mucho dinero en capacitación, tienen cierto grado de responsabilidad en las actividades de aprovechamiento y son contratados por un tiempo mayor que el periodo de producción. Los ayudantes o trabajadores de campo que se contratan para labores específicas de limpieza de lianas y apoyo a la corta, troceo y arrastre de madera pueden considerarse costos variables.

Igualmente, el tractor o las actividades del arrastre, los camiones o el transporte pueden ser definidos como costos fijos o como costos variables. En el caso del tractor, por ejemplo, pueden haber varios escenarios: considerar las actividades de arrastre como un costo variable, un servicio externo que depende del nivel de producción, el cual se contrata por hora o por rendimiento del volumen. Si el tractor es propio, se puede contabilizar como un centro de costos totalmente separado del aprovechamiento forestal y considerar el costo de arrastre como un servicio interno o un costo variable. Finalmente, si la escala de aprovechamiento es muy grande y se prevé un uso constante del tractor, este se puede considerar, junto con el tractorista, como un costo fijo. En estos casos, en la estructura de costos e ingresos se debe considerar una parte de la pérdida de valor del activo proporcional a la relación entre tiempo de uso y el largo de la vida útil del activo. En el caso de maquinaria, equipo y caminos se utiliza el término '**depreciación**' para expresar la pérdida en el valor del activo.

La depreciación es un egreso no afectado a impuestos y no desembolsable; para fines de tributación es deducible pero no ocasiona salidas de caja y se contabiliza para aprovechar su efecto tributario. La depreciación se le aplica a las inversiones y no aumenta ni disminuye la riqueza contable de la empresa. Los métodos de depreciación más comunes son el de línea recta, el de cargos decrecientes o depreciación acelerada y la suma de dígitos de los años. En este capítulo utilizaremos el **método de línea recta** que es el más común:

La depreciación de la maquinaria y equipos se contabiliza para efectos de tributación, no porque signifique un gasto.

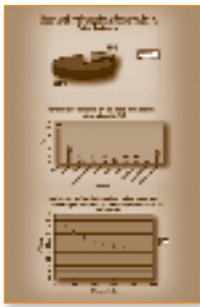
$$\frac{\text{Valor de compra} - \text{Valor residual a tiempo de venta}}{\text{Vida útil expresada en periodos de uso}} = \text{Depreciación}$$

Entonces, la depreciación de un tractor forestal que tiene una vida útil de cinco años, costó US\$150.000 y tiene un precio de reventa de US\$30.000¹, se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{(150.000 - 30.000) \text{ US\$}}{60 \text{ meses}} = \frac{120.000 \text{ US\$}}{60 \text{ meses}} = 2000 \text{ US\$/mes}$$

La depreciación y otros egresos no sujetos a impuestos, como las amortizaciones de un préstamo, se restan de los ingresos sujetos a impuestos para aprovechar su descuento tributario, pero después se suman en un ítem contable llamado comúnmente "*Ajuste por gastos no desembolsables*" para corregir los descuentos que no corresponden a egresos de caja, para que el cálculo del flujo de caja sea real y saber con cuánto capital se cuenta para cubrir los egresos reales.

¹ A menudo se calcula el valor residual como 10% del valor de adquisición (ver por ejemplo Campos 1983)



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En caso de recurrir a un financiamiento, la compra del tractor es un costo fijo que deberá pagar el principal y el interés, independiente de si la maquinaria se utiliza o no. Generalmente, el interés se calcula sobre el saldo; dependiendo de las condiciones del crédito, los intereses son un monto fijo o podrían bajar con los años. En el caso de que el préstamo solicitado sea para hacer una inversión como la compra de un tractor, teóricamente el valor de depreciación sería equivalente a la amortización del principal del préstamo, porque si el capital fuera propio se estaría ahorrando para reemplazar el activo. En el caso del préstamo significa que para reemplazar la maquinaria hay que pedir de nuevo un préstamo.

Otra forma de considerar los egresos no sujetos a impuestos, como la amortización del préstamo (principal e intereses) y la depreciación, es considerarlos de forma separada con el fin de que la depreciación sirva como una fuente real de capitalización del inversionista o fuente de ahorro. La idea es que este capital sea utilizado para reemplazar la maquinaria sin tener que recurrir de nuevo a un préstamo, con lo que se ahorra el pago de intereses en el futuro. Este ahorro en realidad es parte de las utilidades de la empresa.

Otra forma de tratar un préstamo en un análisis financiero es combinar el pago del principal con el de los intereses y calcular un pago anual o mensual igual para todo el periodo de la vida útil del activo. Esta es la forma más común para cuando se pide un préstamo al banco. El monto periódico que se debe pagar se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$a = \frac{V_0 * (1+i)^n * [(1+i)^w - 1]}{(1+i)^n - 1} + R * i$$

donde:

a = el pago periódico

V_0 = el valor de compra menos el valor residual

R = el valor residual

i = la tasa de interés que cobra el banco

n = duración de la vida útil expresados en periodos de tiempo (por ejemplo meses o años)

w = periodo entre pagos

Utilizando el mismo ejemplo de la compra del tractor y asumiendo una tasa de interés del banco de 9% por año con pagos mensuales, se puede calcular el valor del pago mensual en la siguiente forma:

$$V_0 = 150.000 - 30.000 = 120.000 \text{ (US\$)}$$

$$R = 30.000 \text{ US\$}$$

$$i = 0,72\%^2$$

$$n = 60 \text{ meses}$$

$$w = 1 \text{ mes}$$

² 9% de interés por año significa 0,72% por mes. Se calcula: $((1+i)^{(1/n)} - 1) \times 100$ donde i es la tasa de interés anual en decimales y n el número de meses por año.



$$a = \frac{120.000 * (1 + 0,0072)^{60} * [(1 + 0,0072)^1 - 1]}{(1 + 0,0072)^{60} - 1} + 30.000 * 0,0072$$

$$a = 2470,09 + 216 = 2686,09 \text{ (US$/mes)}$$

El monto calculado considera la amortización del interés y del principal.

La depreciación es un monto no desembolsable (no en efectivo), mientras que la amortización e intereses sí los son. En realidad, la depreciación contribuye a los ahorros de la empresa y es más un indicador de la capacidad de la empresa para reemplazar la maquinaria sin recurrir a nuevos préstamos, los cuales son costos directos. Por esta razón, al contabilizar la depreciación y la amortización se estaría realizando una doble contabilidad, lo cual no es recomendable para el análisis financiero ni para estudios de costos pues no dejan comparar el desempeño financiero de diferentes alternativas.

Si se utiliza la depreciación para amortizar el préstamo, se puede entonces utilizar la **fórmula de amortización**. Lo más común, sin embargo, es mantener la depreciación separada del pago del préstamo. Entonces, la diferencia necesaria para pagar el préstamo correspondería sólo al interés no considerado en el cálculo de la depreciación. Este se puede calcular utilizando la siguiente fórmula (adaptado de Campos 1983):

$$\left[\frac{(I - R) * (n + 1)}{2n} + R \right] * i = \text{valor de interés sobre la inversión}$$

donde:

I = valor de adquisición

R = valor residual

n = vida útil

i = tasa de interés por periodo de pago

En nuestro ejemplo, este valor es:

I = 150.000 US\$

R = 30.000 US\$

n = 60 meses

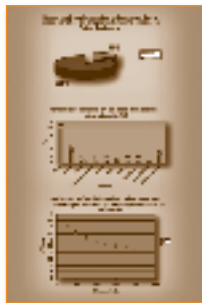
i = 0,72% por mes

$$\left[\frac{(150.000 - 30.000) * (60 + 1)}{2 * 60} + 30.000 \right] * 0,0072 = 655,2 \text{ US$/mes}$$

Los costos fijos del tractor serían:

Depreciación: 2000 US\$/mes

Interés: 655,2 US\$/mes



La compra de equipos debe considerar no sólo la factibilidad financiera del aprovechamiento, sino además las posibilidades reales de uso del equipo de manera que se logre pagar la inversión.

Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Nótese que en este caso el valor total a pagar (US\$2000 + US\$655 de interés) es menor que el valor calculado para la amortización (US\$2686,09). La diferencia de US\$31 probablemente se debe al redondeo en el cálculo de la tasa de interés mensual.

Si el tractor trabaja sólo tres meses al año, queda claro que la parte del costo fijo que en el análisis de factibilidad financiera se debe atribuir a los trabajos de aprovechamiento sólo corresponden a la depreciación o costos de amortiguamiento e intereses de estos tres meses (entonces: $3 \times (\text{US\$}2000 + \text{US\$}655) = \text{US\$}6655$). La empresa debería buscar otras opciones de uso de la maquinaria para pagar los costos fijos de los otros meses.

Muchas veces no tienen más opciones de trabajo, particularmente con maquinaria y equipo especializado. Entonces, aunque la factibilidad financiera del aprovechamiento puede ser alta, el hecho de que el aprovechamiento deba pagar los costos fijos de la maquinaria durante todo el año y no sólo durante el aprovechamiento puede impedir que se compre la maquinaria.

Esto explica por qué muchas empresas pequeñas y medianas prefieren comprar tractores de oruga o tractores agrícolas, a pesar de que se podría lograr una mayor producción con maquinaria especializada. Tales tractores son más versátiles que los tractores articulados y se pueden utilizar en otros trabajos, además de la extracción de madera. En el caso que no sea posible comprar la maquinaria es más razonable considerar el costo del tractor como un costo variable contratado como un servicio externo.

10.3.3 Costos e ingresos en efectivo y no efectivo

Aparte de la subdivisión en fijos y variables, los costos también se pueden subdividir en costos “**en efectivo**”, cuando se pagan los gastos con dinero contante y sonante como ocurre con los jornales contratados o el pago de combustible, y los costos “**no en efectivo**” representados por los aportes de recursos, como la mano de obra familiar (CONAP 1999a). Cuando la depreciación no se utiliza para amortizar una deuda, lo que es el caso más común, no es un pago real sino que se reserva un monto específico, posiblemente en una cuenta bancaria, como ahorro para pagar el remplazo de la maquinaria, equipo, etc. En este caso, en el análisis del aprovechamiento, la depreciación se debe considerar como un pago no en efectivo.

La determinación de si un costo es en efectivo o no sólo es necesaria para efectos del análisis del flujo de fondos, para determinar los periodos de déficit y prever las necesidades de financiamiento externo. Para determinar la rentabilidad del aprovechamiento no se toma en cuenta.

De manera semejante, los **ingresos en efectivo** son los que se perciben por la venta de bienes y servicios, por los que pagan en dinero. En empresas madereras se procura que todos los ingresos sean en efectivo. Sin embargo, las empresas comunitarias a menudo también reciben beneficios para la comunidad en forma de consumo de madera para la construcción de sus casas o como leña. Este beneficio no involucra la transferencia de fondos a la empresa por parte de los usuarios, pero se consideran **ingresos no en efectivo**.



En esta sección hemos:

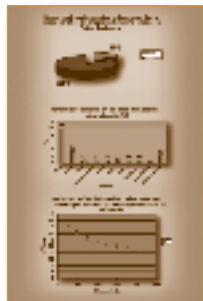
- Determinado la estructura de costos e ingresos del aprovechamiento:
 - Definido y diferenciado productividad y rendimiento
 - Clasificado los costos en fijos y variables
 - Indicado que la depreciación es un egreso que corresponde a la pérdida en el valor de un activo y explicado como se calcula
 - Clasificado los costos e ingresos en efectivo y no en efectivo.

10.4 Análisis financiero del aprovechamiento

La metodología del análisis financiero para el aprovechamiento se orienta al cálculo de los siguientes indicadores: el **margen bruto**, el **ingreso neto**, la **relación beneficio-costos**, el **flujo neto** y el **beneficio familiar**, según Gómez y Quirós (2001). Los mismos autores sugieren que para poder calcular e interpretar estos indicadores hay que seguir cinco pasos:

- 1) **Definir el periodo de análisis.** Para el aprovechamiento, generalmente se define en meses.
- 2) **Definir el tamaño y unidad de la inversión.** Generalmente, el Área de Corta Anual (ACA).
- 3) **Preparar el flujo de costos e ingresos.** Este paso requiere que se definan en detalle las actividades a analizar y los datos requeridos por actividad. Generalmente se utilizan datos ya existentes, los cuales se recolectan con los métodos descritos en la sección 10.6. Ya que todas las actividades se realizan durante el mismo año, hay poca necesidad de identificar cuándo ocurre cada actividad exactamente; sin embargo, un cuadro ordenado con todas las actividades y sus costos en mano de obra, equipo y materiales, otros insumos variables e insumos fijos (administración, seguros, depreciación, etc.) sería de gran ayuda para el análisis.
- 4) **Calcular los indicadores** utilizando las ecuaciones del Recuadro 10.1.
- 5) **Interpretar los indicadores.** Los indicadores relevantes para el aprovechamiento son relativamente fáciles de interpretar. Por ejemplo, para ver si vale la pena realizar una operación, tomando en cuenta que ya se ha adquirido el equipo y la maquinaria necesaria, y que entonces de todas formas hay que pagar los costos fijos es útil analizar el margen bruto. Si es positivo, quiere decir que se logra pagar todos los costos variables, y sobra algo para pagar una parte de los costos fijos. Entonces, es mejor realizar la operación, pues en caso contrario no se tendrá nada para pagar los costos fijos. Preferiblemente, por supuesto, el margen bruto debe ser suficiente para pagar todos los costos fijos (ingreso neto positivo), pero no es una condición necesaria si ya existe la infraestructura y la maquinaria para el aprovechamiento.

En casos donde el margen bruto es positivo (por ejemplo US\$20.000), pero no suficiente para pagar todos los costos fijos (el ingreso neto es negativo, por ejemplo US\$-5.000), la empresa tendría una pérdida equivalente al tamaño del ingreso neto (US\$5.000). Sin embargo, operar ayudaría a reducir la pérdida (sin operación hubiera sido de US\$25.000). En estos casos se puede cubrir la pérdida con financiamiento de otras fuentes; sin embargo, no es una situación sostenible y si continúa por varios años, las pérdidas se acumularán y la empresa tendría que declararse en bancarrota (Ver ejemplo en Recuadro 10.2).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Por otro lado, si aún no se ha comprado la maquinaria ni se ha instalado la infraestructura necesaria para el aprovechamiento, hay que analizar el ingreso neto y la relación beneficio/costo: el primero debe ser positivo y la segunda mayor a uno para asegurar que la inversión inicial vale la pena. En el ejemplo anterior no valdría la pena. Entonces, si aún no se hubiera hecho la inversión, es mejor no hacerla. En el caso anterior, la inversión ya se hizo; entonces, es conveniente utilizar los equipos para reducir las pérdidas, y buscar una forma de mejorar las operaciones para tener ganancias en los años próximos, o vender el equipo.

Recuadro 10.1

Ecuaciones para calcular indicadores en el análisis financiero del aprovechamiento

- **Margen Bruto (MB).**- Es la diferencia entre el ingreso bruto (IB) y los costos variables (CV). Representa el monto disponible para cubrir los costos fijos y la ganancia del productor o la empresa. Se calcula mediante la fórmula:

$$MB = IB - CV$$

- **Ingreso Neto (IN).**- Es la diferencia entre el ingreso bruto (IB) y los costos totales (CT). Representa la ganancia o utilidad neta del productor o la empresa. Se obtiene como resultado de:

$$IN = IB - CT, \text{ ó } IN = IB - (CV + CF)$$

- **Relación Ingreso/Costo (I/C).**- Resulta de dividir el ingreso bruto o total (IB) por el costo total (CT). Indica la retribución que se obtiene por unidad monetaria de inversión. Se calcula por:

$$I/C = IB/CT$$

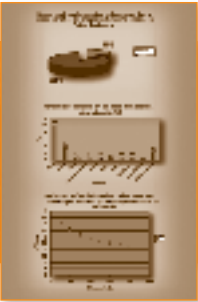
- **Flujo Neto (FN).**- Es la diferencia entre el ingreso bruto en efectivo (IB_{ef}) y los costos totales en efectivo (CT_{ef}). Representa el monto de dinero en efectivo que le queda cada año al productor o la empresa. Se calcula de la siguiente manera:

$$FN = IB_{ef} - CT_{ef}, \text{ ó } FN = IB_{ef} - (CV_{ef} + CF_{ef})$$

- **Beneficio Familiar (BF).**- Es el beneficio que corresponde a la familia por el trabajo aportado en las labores productivas y en la administración de la empresa. Para empresas familiares, representa el flujo neto de dinero en efectivo (FN), más el valor de los bienes y servicios percibidos por la familia, como consumo familiar, producción almacenada y cambios en el inventario, denominados en conjunto como beneficios en especie (BE). Se obtiene como resultado de la operación:

$$BF = FN + BE$$

Fuente: Gómez y Quirós 2001



Recuadro 10.2

¿En cuál de las unidades de manejo del bosque se puede hacer el aprovechamiento forestal?

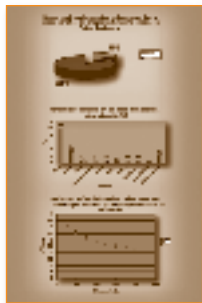
Si se cuenta con tres Unidades de Manejo (UM) en un bosque listas para una segunda cosecha de acuerdo con el plan de manejo, es conveniente calcular el Margen Bruto (MB) de las actividades de aprovechamiento con el fin de decidir si la operación es rentable o si al menos cubre los costos fijos de la empresa. El MB es el ingreso total menos los costos variables; si el resultado es positivo quiere decir que queda dinero disponible para cubrir parte de los costos fijos. La regla de decisión es que el MB debe ser mayor o igual a 0.

	UM 1	UM 2	UM 3
Volumen de corta (m ³ /ha)	50	50	50
Costos variables (US\$/ha)	95,00	115,00	130,00
Costos fijos (US\$/ha)	60,00	60,00	60,00
Costos totales (US\$/ha)	155,00	175,00	190,00
Ingreso total (US\$/ha)	250,00	125,00	125,00
Ganancia / Pérdida (US\$/ha)	95,00	- 50,00	- 65,00
Ganancia / Pérdida (US\$/m ³)	1,90	- 1,00	- 1,30
Margen bruto (MB)	155,00	10,00	-5,00
(Ingreso total – Costos variables)	Aprovechar	Aprovechar	No aprovechar

Aunque el volumen esperado en las tres UM es el mismo y los costos fijos también son iguales, la calidad y distribución, así como el valor comercial de las especies presentes hace que los costos variables y los ingresos proyectados en cada UM difieran.

La UM 1 tiene costos variables de US\$95/ha y se proyectan ingresos totales de US\$250/ha pues tiene especies de alto valor. La ganancia sería de US\$95/ha y el margen bruto, US\$155. Por lo tanto, esta unidad se debe aprovechar porque hay ganancia y el margen bruto es positivo.

La UM 2 tiene costos variables y totales de US\$115/ha y US\$175/ha, respectivamente; se proyectan ingresos totales de solo US\$125/ha pues no hay especies de alto valor comercial. En consecuencia, se proyectan pérdidas por US\$50/ha; sin embargo, el MB es positivo. Esto nos dice que es recomendable aprovechar este rodal ya que al menos se cubren los costos variables y US\$10/ha de los US\$60/ha de costos fijos. Esta situación es deseable porque si no se aprovecha habría que pagar, de todos modos, los US\$60/ha en costos fijos.



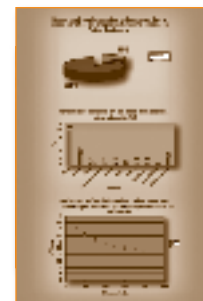
Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En la UM 3 los costos variables aumentan en US\$15/ha a causa de la distribución de los árboles y la construcción de caminos secundarios. Los ingresos se mantienen en el mismo nivel que la UM 2, lo que hace que las pérdidas aumenten en esa misma proporción a US\$65/ha. Esto hace que el MB sea menor a 0. No se cubren los costos variables por lo que es mejor no aprovechar y esperar a que el volumen aumente o la proporción de especies de más alto valor llegue a niveles comerciales.

Así, se recomienda aprovechar la UM 1 y UM 2 este año y retrasar el aprovechamiento de la UM 3 hasta que el margen bruto sea mayor a 0.

Conocer el **flujo neto** es importante porque al final del año se debe tener suficiente dinero en efectivo para poder empezar las operaciones del siguiente año, ya que por lo general en el aprovechamiento los ingresos entran recién después de realizar las operaciones. Rara vez ocurre que haya suficiente efectivo, pero saber cuánto quedará ayuda a determinar cuánto será necesario conseguir por medio de préstamos a corto plazo para asegurar la fluidez de las operaciones. En el Recuadro 10.3 se presenta un ejemplo que considera los indicadores antes descritos para interpretar el análisis financiero.

El **beneficio familiar** es particularmente importante en empresas familiares o comunitarias, ya que toma en cuenta los ingresos totales que corresponden a cada familia, sea en efectivo o no en efectivo, y pueden incluir los ingresos de la familia por concepto de trabajo en la misma empresa. En lugares donde hay pocas alternativas de empleo o de producción comercial, el beneficio familiar es de importancia primordial. En estos casos, la empresa se puede comprometer con actividades forestales que a primera vista parecen poco atractivas, porque un análisis financiero muestra un ingreso neto negativo. Sin embargo, la familia o la comunidad pueden percibirlo de manera diferente, pues además de recibir una parte de las ganancias (si las hubiera), también recibe un salario. Si no hubiera ganancias, parte del salario tendría que usarse para cubrir las pérdidas de la empresa, pero lo que sobra podría ser siempre mayor a lo que podría ganar en otras alternativas productivas, por lo que el beneficio familiar sería positivo. Entonces, para entender mejor este comportamiento es útil hacer un análisis del beneficio familiar.



Recuadro 10.3

Análisis financiero de una operación de aprovechamiento y aserrío con motosierra con marco y arrastre con bueyes y carretas

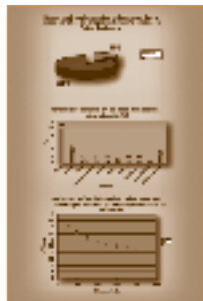
Este análisis financiero presenta un ejemplo ficticio basado en datos reales de costos y beneficios recopilados de diferentes fuentes de información¹. El aprovechamiento se realizó a lo largo de tres meses y el área aprovechada fue de 300 hectáreas. Los costos por actividad aparecen en el Cuadro 10.R.1 y los ingresos brutos en el Cuadro 10.R.2.

Cuadro 10.R.1 Costos por actividad

Aprovechamiento	Costos (Quetzal²)	Tipo de costos	
Mano de obra			
Censo comercial	8.400	Variable	En efectivo
POA aprovechamiento	7.000	Fijo	
Pistas de arrastre	16.239	Variable	
Tumba	2.970	Variable	
Troceo y flitcheo	54.210	Variable	
Arrastre	6.255	Variable	
Carga de camiones	6.462	Variable	
Comercialización	744	Fijo	
Administración	19.443	Fijo	
Otros	4.155	Variable	
Combustibles y lubricantes			
Aceite dos ciclos, aceite de cadena, gasolina	16.509	Variable	
Materiales y servicios			
Repuestos y accesorios	27.294	Variable	
Impuestos forestales			
Especies primarias (39 393 pt)	12.212	Variable	
Especies secundarias (31 059 pt)	1.242	Variable	
Transporte y viáticos			
Personal al bosque	6.000	Variable	
Madera a comunidad	17.016	Variable	
Madera a mercado (Guatemala)	63.000	Variable	
Depreciación equipo			
Motosierras	8.328	Fijo	No en efectivo
Aro portátil	4.065	Fijo	
Instrumentos de medición	7.413	Fijo	
Total/Área de Corta Anual	288.957		
Total/ha de Área de Corta Anual	963		

¹ Fuentes: CATIE-CONAP 1998a y b; NPV 1999; Cruz Bolaños 1999; CONAP 1999a y b.

² Tasa de cambio Q.6,2 = US\$1



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Cuadro 10.R.2. Ingresos brutos

Concepto	Precio (Q/pt)	Volumen (pt)	Ingreso Bruto (Q)
Especies primarias	6,13	39.393	241.479
Especies secundarias	3,25	31.059	100.942
Total/ACA			342.421
Total/ha de ACA			1.141

Indicadores financieros

Para ayudar a calcular los indicadores financieros primero se suma el valor de los costos por tipo de costo: variables, fijos, en efectivo y no en efectivo.

Costos variables: Q.241.964

Costos fijos: Q.46.993

Costos en efectivo: Q.269.151

Costos no en efectivo: Q.19.806

Con las ecuaciones del Recuadro 11.1 determinamos los indicadores financieros:

MB: $342.421 - 241.964 = 100.457$

IN: $342.421 - 288.957 = 53.464$

I/C: $342.421 / 288.957 = 1,19$

FN: $342.241 - 269.151 = 73.270$

Ingreso familiar: Ya que no se especificó la participación de las familias en las ganancias ni en el empleo no se puede calcular el ingreso familiar.

Interpretación de resultados

La operación es factible ya que tanto el margen bruto como el ingreso neto son positivos y por cada quetzal invertido hay un retorno de Q.1,19, o sea que se tendría una ganancia de 19 centavos por cada Quetzal invertido. Además, al final del año habrá Q.73.270 en caja, suficiente para iniciar las operaciones del segundo año sin necesidad de un préstamo.

En esta sección hemos:

- Indicada la metodología del análisis financiero del aprovechamiento y determinado los indicadores utilizados.



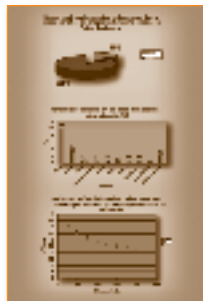
10.5 Factores que influyen en el aprovechamiento y forma de analizarlos para la toma de decisiones

Durante la planificación del aprovechamiento, y también cuando se presenta algún problema en la operación, hay que tomar decisiones sobre si usar o no recursos financieros y equipo. Para ayudar en esta toma de decisiones hay que analizar los costos y beneficios de las diferentes alternativas siguiendo la metodología anteriormente expuesta, pero limitando el análisis a las actividades que influyen directamente en la decisión. En los Cuadros 10.1 a 10.5 se presentan los factores que se deben analizar y cómo se debe hacerlo (columnas: factores y qué se debe hacer) en caso de problemas específicos (columnas: qué afecta y cómo afecta).

Cuadro 10.1 Efectos del uso de los recursos en los costos, productividad y rendimientos del aprovechamiento			
Factor	Qué afecta	Cómo afecta	Qué puede hacer el analista o planificador
El tipo de maquinaria, equipo, herramientas o animales utilizados	Los costos, productividad y rendimiento de tala, extracción, transporte y aserrío	Los métodos manuales y los equipos más simples son de bajo costo, pero la productividad y el rendimiento son también más bajos	Analizar costos y productividad de diferentes máquinas y equipos para seleccionar la mejor combinación entre costos y productividad
La propiedad de la maquinaria y el equipo	Costos de las actividades de tala, extracción, transporte y aserrío	Si es propia, los costos son más bajos y no requiere desembolsos en efectivo	Si es alquilada, analizar costos de arrendamiento, costos y factibilidad de adquisición y mantenimiento, para seleccionar la opción de costos más bajos
El entrenamiento del personal encargado de hacer las tareas	Todas las faenas y actividades	Con personal capacitado se espera mejor productividad y menores costos	Analizar costos de capacitación del personal contra costos de contratación de personal entrenado, y ambos contra costos en la situación actual

De los recursos utilizados, el **tipo**, la **propiedad** y la **capacidad técnica** de los operarios pueden afectar el desempeño financiero del aprovechamiento. El Capítulo 6 muestra ejemplos de uso de diferentes máquinas para la extracción; en el Capítulo 5 se demuestra la importancia de una buena capacitación en la ejecución de labores de tala dirigida.

Para una decisión sobre qué tractor utilizar, por ejemplo, se pueden comparar los resultados de estudios en diferentes áreas (Cuadro 6.1, pag. 165); o, si la escala de la operación lo justifica, se puede hacer un estudio de productividad de faena o de tiempos y movimientos siguiendo los métodos descritos en la sección 10.6.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

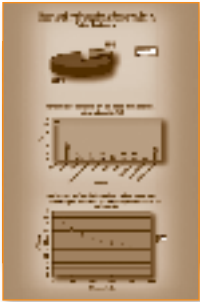
Cuadro 10.2 Efectos de los **métodos y técnicas de operación** en los costos, productividad y rendimientos del aprovechamiento

Factor	Qué afecta	Cómo afecta	Qué puede hacer el analista o planificador
Traslado y movimiento de la maquinaria	Costos y productividad de actividades que usan maquinaria	Los movimientos excesivos incrementan los costos y bajan la productividad	Analizar costos y productividad de diferentes sistemas de organización del trabajo tratando de reducir distancias y viajes 'muertos'
Capacidad utilizada de máquinas y camiones	Costos y productividad de actividades de extracción y transporte	El uso excesivo o por debajo de la capacidad de las máquinas y camiones puede encarecer los costos	Analizar costos unitarios de extracción y transporte con diferentes capacidades de carga
Movimientos y funciones del personal	Todas las actividades	Los movimientos excesivos incrementan los costos y bajan productividad	Analizar costos y productividad de diferentes sistemas de organización del personal, tratando de reducir movimientos y especializar funciones

Los métodos y técnicas de operación tienen mucho que ver con la planificación del aprovechamiento (ver también Capítulo 3). En general, una buena planificación es una buena inversión inicial que se recupera con la mayor eficiencia de las operaciones. El Cuadro 3.1 (pag. 52) y Recuadro 3.1 (pag. 69) dan ejemplos de lo que se puede conseguir con una buena planificación.

Cuadro 10.3 Efectos de las **características del bosque** sobre los costos, productividad y rendimientos del aprovechamiento

Factor	Qué afecta	Cómo afecta	Qué puede hacer el analista o planificador
La ubicación del bosque, en cuanto a facilidades de acceso y distancia a mercados	Costos de entrada y salida del bosque, extracción y transporte de la madera	A mayores dificultades de acceso y distancia a mercados, mayores costos	Analizar costos de diferentes frecuencias de entrada y salida del bosque y opciones de transporte de la madera al mercado (terrestre, acuático, ferrocarril)
La productividad del bosque	Costos y productividad de censo, tala y extracción	A mayor productividad del bosque menores costos	Si la productividad es baja, determinar el nivel de productividad mínima para cubrir costos (o punto de equilibrio)
El área de bosque que se va a aprovechar	Todos	A mayor área aprovechable, menores costos	Si el área es pequeña, determinar el área mínima para cubrir costos (o punto de equilibrio). Si es grande, analizar opciones de economías de escala



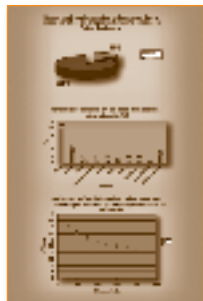
Determinación de costos, productividad y rendimientos del aprovechamiento forestal

Si la distancia entre el bosque y el mercado es larga, vale la pena buscar un modo de transporte que permita aumentar la carga por viaje. En el Capítulo 7, Figura 7.1 (pág. 199), por ejemplo, se muestra cómo difieren los costos de transporte por metro cúbico si se utilizan camiones, barcos. El costo inicial de los camiones es mucho menor que el de barcos, pero su costo por kilómetro es mucho mayor, por lo cual a partir de 10 - 20 km, bajo las condiciones difíciles de la Amazonia en Brasil, es más barato el transporte fluvial. El transporte en balsa es siempre más barato porque la inversión es baja; sin embargo, no todas las especies son aptas para ser transportadas de esta forma.

Cuadro 10.4 Efectos del mercado y sistemas de comercialización sobre los costos, productividad y rendimientos del aprovechamiento			
Factor	Qué afecta	Cómo afecta	Qué puede hacer el analista o planificador
La preferencia y el valor de las especies presentes en el bosque que demanda el mercado	Costos de censo, tala, extracción y transporte de madera	A mayor número y valor de las especies, menores costos	Si hay pocas especies de alto valor o muchas especies de bajo valor, analizar el valor comercial mínimo para cubrir costos (o punto de equilibrio)
El desarrollo de la industria local	Costos de transporte, transformación y rendimientos de aserrío	A mayor desarrollo de la industria local, menores costos	Si no hay industria local, analizar costos de transporte y transformación en industrias alternativas

Un buen ejemplo de los efectos de la disponibilidad de especies en el bosque sobre la rentabilidad del aprovechamiento se muestra en el Recuadro 10.2. Partes del bosque que difieren en accesibilidad y composición florística dan diferentes resultados financieros; así, en el Recuadro se sugiere suspender el aprovechamiento de la UM 3 hasta que los árboles sean de mayor tamaño. Se podría calcular el volumen necesario para que sea factible aprovechar el bosque; también se podría analizar el efecto de los cambios de precios y determinar el precio al que sería necesario vender las especies disponibles en la UM 3 para que el aprovechamiento resulte rentable.

Otro ejemplo claro es el aprovechamiento de sólo caoba en La Mosquitia hondureña, ya que los precios de otras especies son demasiado bajos para pagar los costos de extracción. ¿A qué precio será factible el uso de estas otras especies?



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Cuadro 10.5 Efectos de las leyes, regulaciones y procedimientos prácticos en los costos, productividad y rendimientos del aprovechamiento

Factor	Qué afecta	Cómo afecta	Qué puede hacer el analista o planificador
Trámites	Costos de plan de manejo y transporte de madera	A mayores regulaciones y procedimientos, mayores costos	Analizar opciones para minimizar costos de tramitación
Impuestos o exoneraciones a la madera	Costos de comercialización de la madera	A mayores impuestos, mayores costos unitarios	Analizar opciones para minimizar costos de impuestos
Multas y pagos ilegales	Costos de comercialización de la madera	A mayores multas y pagos, mayores costos unitarios	Analizar opciones para minimizar costos de multas y pagos

Los factores que inciden en el aprovechamiento son de particular interés porque si causan un aumento desmedido de los costos pueden fomentar la tala ilegal. En el Capítulo 1 se analiza el contexto del aprovechamiento en América Central y se mencionan los problemas que particularmente productores pequeños y medianos encuentran al momento de pedir permisos para sacar madera. Posas (1998) claramente muestra el efecto de los impuestos en la rentabilidad de las operaciones: en algunos casos, los impuestos pueden significar hasta 40% de los costos operativos del aprovechamiento artesanal en Honduras. El Cuadro 7.1 (pág. 198) muestra la variabilidad del aprovechamiento en estudios de casos en América Central y Brasil.

En esta sección hemos:

- Indicado los factores que influyen en el aprovechamiento y la forma de analizarlos.

10.6 Métodos de recolección de información

A primera vista, el análisis financiero y del efecto de diferentes factores sobre el desempeño del aprovechamiento parece ser sencillo, y en realidad lo es. La calidad y veracidad de los resultados del análisis, sin embargo, no dependen tanto de la forma de hacerlo, sino de la calidad de los datos usados.

Es importante, entonces, conocer la fuente de los datos y, en el caso de que no hayan datos confiables, saber cómo recoger la información necesaria para el análisis de factibilidad del aprovechamiento, la comparación de diferentes formas de realizar una actividad, o la identificación y resolución de un problema en el flujo de los productos.

Gómez y Quirós (2001) definieron el siguiente conjunto mínimo de **variables para el análisis de la factibilidad financiera del aprovechamiento**:

1. Jornales por actividad de aprovechamiento
2. Horas-máquina y/o horas-animal por actividad de aprovechamiento
3. Horas-equipo y herramientas por actividad de aprovechamiento
4. Cantidad de materiales y servicios por actividad de aprovechamiento
5. Precios (jornal, hora-máquina, hora-animal, equipo, herramientas, materiales)
6. Cantidad de productos maderables por tipo de producto
7. Precio de productos maderables por tipo de producto
8. Costos de construcción y mantenimiento de caminos
9. Costos de comercialización (transporte, elaboración, venta)
10. Costos de seguridad social (cargas o beneficios sociales)
11. Seguros (riesgos de trabajo)
12. Cargas financieras por aprovechamiento
13. Costo de regencias, asesorías y similares por aprovechamiento
14. Costos de administración por aprovechamiento
15. Gastos generales por aprovechamiento

Si, por ejemplo, se requiere comparar el desempeño financiero de dos diferentes tractores de extracción bajo las mismas condiciones de operación, no es necesario recoger información en todos los aspectos mencionados arriba. En este caso, bastaría con información sobre jornales, horas-máquina, cantidad de materiales y servicios utilizados, precios de insumos (jornal, hora-máquina...) y cantidad de producto obtenido. Con esta información se podría calcular el costo por unidad de producto (pie tablar, pulgada maderera tica, metro cúbico, etc.) de cada tractor. Para la comparación de dos alternativas, entonces, sólo se necesita tomar en cuenta los costos y beneficios que pueden diferir entre las alternativas.

En caso de que exista un problema general de baja producción, es conveniente tomar datos sobre los movimientos que el tipo de producción requiere. Por ejemplo: los tractores no logran acumular la cantidad de madera que se esperaba en los patios de acopio. Es necesario, entonces, tomar datos sobre cada movimiento de los tractores durante la extracción de madera y medir el tiempo que necesitan para hacer cada viaje. En el Recuadro 10.4 se ha elaborado un ejemplo con base en datos de una producción real.

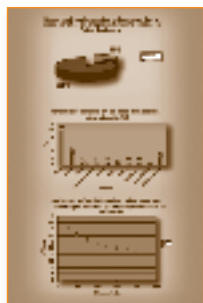
Recuadro 10.4

Análisis de la producción del arrastre de 41 árboles de guácimo (*Goethalsia meiantha*) en un bosque húmedo tropical en Sarapiquí, Costa Rica

La producción promedio de seis jornadas 'normales' fue de 17,5 m³/jornada, trabajando 9 horas/día. Esta producción es baja en comparación con estudios publicados (por ejemplo, FAO 1974 y Venegas y Louman 2001 indican producciones diarias de más de 40 m³). La pregunta entonces es: ¿por qué la producción es más baja que en otros sitios?



Para cada tipo de análisis hay que definir cuáles son los datos necesarios y cuál el método de recolección de información más apropiado.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Los movimientos que realizó el tractor para extraer los árboles desde el tocón hasta el patio, y la distribución del tiempo total por ciclo se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 10.R.1 Distribución del tiempo por movimiento del tractor

Movimiento	% del tiempo total
Viaje vacío	13,7
Búsqueda del árbol	9,7
Preparar extracción	9,0
Extracción	49,7
Arrastre	11,8
Soltar troza	4,1
Acomodo en patio	2,0

Se midió el tamaño de los fustes extraídos y se calculó el volumen promedio, el que también resultó muy bajo: 1,4 m³/árbol extraído. El esfuerzo por mejorar la productividad de la saca, entonces, se podría orientar a aumentar el volumen de los fustes a sacar. Sin embargo, esto no es evidente porque hay que trabajar con la madera que hay en el bosque. Se podría pensar, como alternativa, en juntar varios fustes sobre la pista de arrastre antes de llevarlos hasta el patio para así tener un mayor volumen por carga. Pero, puesto que la demora en la saca no es tanto en el arrastre sino en la extracción con cable, esta tampoco es una buena opción.

Los datos apuntan a que el problema está en la extracción: ¿se está utilizando el equipo adecuado?, ¿el personal fue capacitado en el uso del cable? Los siguientes son algunos problemas que podrían estarse dando.

- El cable es muy grueso o el tambor no está bien lubricado, lo que hace que jalar el cable sea un trabajo muy pesado que toma mucho tiempo. Un buen mantenimiento del tambor y la compra de un cable menos pesado por metro pueden resolver el problema.
- Los árboles cortados quedan en posiciones muy difíciles, por lo que hay que girarlos para poder arrastrarlos hasta la pista. En un bosque denso esta actividad puede ser muy lenta. Talar los árboles de forma que la base del fuste quede en un ángulo de 30 a 45 grados en relación con la pista de arrastre reduce la necesidad de girarlos.
- El cable no se enrolla bien sobre el tambor, por lo que para la siguiente extracción habrá problemas al desenrollar el cable. La capacitación del personal puede evitar situaciones como esta.

Fuente: Obando 1997

Existen tres métodos básicos para la recolección de información sobre los costos y la productividad (Reiche 1989): estudio de tiempos y movimientos, estudio de faenas y la recuperación de información de operaciones pasadas. En los siguientes acápite se describirá brevemente cada uno de estos.



Cualquiera que sea el método de toma de datos, antes de iniciar la recolección de información hay que **planificar el trabajo**. Esto significa que hay que identificar a las personas que van a tomar los datos y asegurarse de que saben exactamente qué hacer. Es necesario definir las actividades y sub-actividades que se van a evaluar y preparar los formularios de registro y los materiales e instrumentos; para ello, antes hay que determinar la forma de almacenamiento y análisis de los datos y preparar la base de datos. También es importante revisar toda la información publicada sobre el tema.

Una pregunta común es, **¿cuántas veces debo repetir el estudio?**, o **¿cuántas muestras debo tomar?** La respuesta depende en gran parte del objetivo del estudio y el tipo de análisis que se va a realizar. Si lo que se busca es monitorear la productividad de las faenas, se puede pensar en registros diarios realizados por cada encargado de una faena, donde se registran las horas de inicio, de descanso y final de las actividades cada día; además se anota la mano de obra, maquinaria e insumos utilizados y producto obtenido. Es recomendable verificar la confiabilidad de los registros cada tres a seis meses o hasta menos, escogiendo al azar las faenas y días de verificación. Un análisis frecuente de la información (por ejemplo, cada mes) puede ayudar a detectar los problemas de producción desde el inicio.

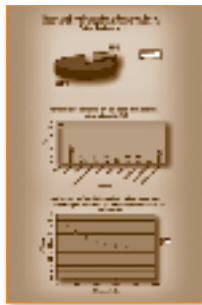
Este tipo de monitoreo requiere de un equipo para **analizar los datos y verificar la confiabilidad de los registros**. Vale la pena hacer tal inversión, particularmente en operaciones en gran escala e intensidad, donde sin estos registros es difícil que los responsables de tomar las decisiones a nivel de toda la empresa sean bien informados del desempeño de sus empleados.

En estudios para comparar alternativas o encontrar las causas de problemas, el número de muestras dependerá de la confiabilidad y representatividad requeridas de los resultados. Para estudios científicos, habría que seguir los procedimientos estadísticos pertinentes, que a menudo requieren que se realice un pre-muestreo para determinar el grado de variabilidad de los datos, antes de calcular el número de muestras necesarias (ver también manual de inventarios en esta serie de manuales técnicos, Orozco y Brumér 2002).

Para determinar las causas de un problema de productividad en una faena específica, puede ser suficiente con un estudio de tiempos y movimientos durante un solo día, dependiendo de qué tan obvia sea la causa y de si el estudio se ejecutó sin influir en el comportamiento de las personas evaluadas.

Por ejemplo, en el estudio del aprovechamiento como tratamiento silvicultural en Villa Mills, Costa Rica (Venegas, com.pers.³), los estudios de tiempos y movimientos mostraron rápidamente que el tractor articulado con frecuencia era sobrecargado, lo que causaba demoras durante el arrastre porque en pendientes un poco fuertes se tenía que bajar la carga, subir la pendiente descargado y después jalar la madera con cable hacia arriba. La repetición de las observaciones ayudó a obtener datos confiables sobre la magnitud del problema (en términos de minutos perdidos, en comparación con llevar una carga más liviana).

³ Geoffrey Venegas, 2001, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Encargado de los estudios de tiempos y movimientos durante las operaciones de aprovechamiento en Villa Mills entre 1991 y 1995.



10.6.1 Estudio de tiempos y movimientos

Este tipo de estudio se aplica principalmente cuando ya se ha detectado un problema de gastos excesivos o una producción muy baja, o bien para determinar la productividad y rendimientos y en estudios técnicos o científicos (por ejemplo, Quirós y Gómez 1998, Cruz 1998, Venegas y Louman 2001, Sabogal *et al.* 2001). Este método es particularmente útil si se trata de comparar diferentes métodos de aprovechamiento (Obando 1997). Es el método más detallado y confiable que se usa en la actualidad (Reiche 1989).

Para facilitar el estudio es importante identificar las actividades que se van a evaluar, clasificándolas según **actividad principal (faena) y sub-actividades**. La extracción de árboles del ejemplo en el Recuadro 10.4 es una faena que consiste de las siguientes sub-actividades: viaje vacío, búsqueda del árbol, alistado para la extracción, extracción con cable, arrastre, soltado de troza y acomodo en el patio. Además de las tareas, hay tiempos muertos de diferente índole que debe incluirse en la faena: pausas para alimentarse, mantenimiento y reparación de la maquinaria, lluvia, etc.

A diferencia de los métodos de rendimiento (sección 10.6.4) y productividad por faena (sección 10.6.2), el método de tiempos y movimientos requiere que **quien toma los datos** esté presente a tiempo completo durante la faena que se está evaluando. Esta persona debe anotar el tiempo de inicio y finalización de cada (sub)actividad, considerando los tiempos muertos como una sub-actividad más. También debe medir la producción de cada actividad y la cantidad de insumos utilizados, porque un mayor uso de tiempo e insumos no necesariamente significa un mayor costo de producción, como muestran los ejemplos de Amaral *et al.* (1998) resumidos en el Recuadro 10.5.



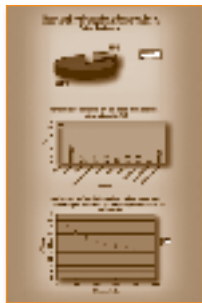
Recuadro 10.5

Tiempos, productividad y costo de producción para diferentes faenas del aprovechamiento, comparando un aprovechamiento de impacto reducido con uno convencional en Paragominas, Brasil

	AIR	Aprovechamiento convencional
Faena: Apertura de caminos		
Apertura de vías secundarias		
Densidad (m/m ³)	0,6	0,9
Tiempo por metro (minuto maquinaria/m)	0,53	0,42
Tiempo (minuto maquinaria/m ³)	0,32	0,38
Apertura de patios		
Densidad (m ² /m ³)	1,6	5,2
Tiempo por m ² (minuto maquinaria/m ²)	0,06	0,058
Tiempo (minuto maquinaria/m ³)	0,1	0,3
Total (vías y patios)		
Tiempo (minuto maquinaria/m ³)	0,42	0,68
Costo total (US\$/m ³) ¹	0,29	0,41
Faena: Arrastre (con tractor articulado)		
Volumen jalado/hora (m ³ /hora)	34	23
Velocidad desplazamiento sin carga (m/min)	113	80
Velocidad desplazamiento con carga (m/min)	98	73
Distancia promedio de arrastre (m)	134	159
Volumen arrastrado/viaje (m ³)	5,4	6,3
Costo (US\$/m ³)	1,31	1,95

¹ Maquinaria, insumos y mano de obra

En los dos casos, a pesar de que la maquinaria en el aprovechamiento convencional trabaja más rápido por metro lineal y metro cuadrado, y lleva más carga por viaje, el resultado final es que, por unidad de producción, el aprovechamiento de impacto reducido es más lucrativo: el costo del uso de la maquinaria por unidad de producto final (volumen arrastrado) es menor. Este ejemplo muestra la importancia de anotar, durante estudios de faena y tiempos y movimientos, la productividad inmediata (por ejemplo, metros por minuto) y la contribución relativa de la faena al producto final (cuantos metros de camino por metro cúbico extraído).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En el aprovechamiento convencional el tractor forestal lleva más volumen por viaje, pero lo inadecuado de la planificación hace que la distancia a recorrer sea mayor, y por el peso de la carga lo hace a menor velocidad que el tractor del aprovechamiento de impacto reducido. Como resultado, la producción en términos de volumen arrastrado por unidad monetaria es menor. De igual manera, el tractor de orugas usado en el aprovechamiento convencional para construir caminos avanza 143 m por hora, pero por falta de planificación tiene que hacer más metros de camino por metro cúbico extraído y el resultado es que le cuesta más sacar cada metro cúbico.

La mayor velocidad de construcción de caminos en el aprovechamiento convencional probablemente se debe a que en el aprovechamiento de impacto reducido el tractorista debe trabajar según el mapa, lo que significa demoras cada vez que tiene que consultar el mapa y/o ajustarse a la alineación. No sabemos si este fue el caso aquí porque los datos mostrados son el resultado de un estudio de faena, durante el cual se tomaron sólo los tiempos iniciales y finales de la faena, sin especificar cada subactividad. Como se ve, los estudios de faena son buenos para detectar problemas y/o diferencias entre varios modos de operación, pero no ayudan a explicar el por qué de las diferencias. Para esto se requiere de estudios más detallados: los de tiempos y movimientos (Ver Recuadro 10.5).

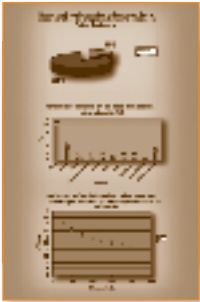
Fuente: Adaptado de Amaral *et al.* 1998

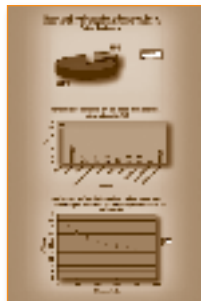
CATIE ha trabajado en varias ocasiones en estudios de tiempos y movimientos relacionados con el aprovechamiento, para lo cual ha desarrollado formularios que forman la base para la recolección de datos en diferentes faenas. El Cuadro 10.6 muestra un ejemplo de uno de estos formularios; en el Recuadro 10.6 se presentan los resultados de un estudio de tiempos realizado en una comunidad en Honduras.

La información que se obtiene con el formulario del Cuadro 10.6 se puede relacionar con los datos de medición de los fustes una vez que lleguen al patio de acopio. Por ejemplo, el fuste 121 tuvo un volumen de 3,6 m³ y se cortó en dos trozas. Si se quiere llevar registros sobre el rendimiento del aserrío, las trozas deben enumerarse para determinar su volumen. Con esta información se puede calcular los insumos necesarios para producir 1 m³ de madera puesta en patio. Si además se obtiene la información de estudios de rendimientos del aserrío (y de la productividad de toda la cadena entre bosque y aserrío) se puede calcular el costo del arrastre por metro cúbico de madera aserrada.

Cuadro 10.6 Formulario para la recolección de datos en un estudio de tiempos y movimientos del arrastre en Villa Mills										
Fecha	Personal		Equipo	Actividad	Tiempo (hr:min:seg)		Sitio	No. de fuste	Distancia (m)	Observaciones
	Operador	Ayudante			Inicio	Final				
8-2-95	1	4	CASE 1150	Viaje vacío	0:00:00	0:09:58			550	
8-2-95	1	4	CASE 1150	Amarre de tucas	0:09:58	0:11:12	Parcela 10	121	-	
8-2-95	1	4	CASE 1150	Wincheo	0:11:12	0:23:11	Parcela 10	121	13	Cable trabado
8-2-95	1	1	CASE 1150	Revisión cable	0:23:11	0:32:05	Parcela 10	-	-	Lubricar
8-2-95	...	...								

Fuente: Adaptado de Rodríguez 1996





Recuadro 10.6

Resultados de un estudio de tiempos y movimientos en la tala y aserrío con motosierra con marco en una comunidad en Honduras

En una comunidad en La Atlántida en Honduras se realizó un estudio de tiempos y movimientos en un aprovechamiento que arrojó una producción de 9100 pies tablares mediante la tala y aserrío (con motosierra con marco) de 8 árboles (39,56 m³) por un equipo de dos motosierristas y dos ayudantes. El resumen de los resultados de este estudio se presenta en el Cuadro 10.R.1.

Cuadro 10.R.1 Resumen del estudio de tiempo y movimiento

No.	Faena/Actividad/ Subactividad Aprovechamiento	Promedio (minutos/ árbol)	Desviación estándar (95%)	CV%	Error de muestreo (%) ($t_{(0,95;7)} = 2,36$)
Tala					
1	Decisión de caída	5,51	3,04	55	46
2	Preparar sitio	2,09	1,43	68	57
3	Apeo	24,62	28,38	115	96
4	Troceo	30,11	31,45	104	87
5	Desrame o despunte	19,12	12,35	65	54
Subtotal tala		81,46	65,60	81	67
Aserrío					
6	Montaje equipo de corte	19,10	11,34	59	50
7	Montaje de marco	24,94	23,39	94	78
8	Afilado equipo de corte	164,60	125,18	76	63
9	Preparación de banco	25,69	21,80	85	71
10	Embancado	57,80	48,03	83	69
11	Calibrado de marco	58,49	47,12	81	67
12	Aserrío	409,31	300,21	73	61
13	Desmontaje de marco	11,62	7,80	67	56
14	Mantenimiento de equipo	95,74	72,36	76	63
Subtotal aserrío		867,27	576,90	67	56
15	Descanso (almuerzo, etc.)	115,74	86,56	75	62
16	Actividades complementarias	665,27	462,58	70	58
Total		1729,74	1162,77	67	56

Los resultados indica una producción de 3,6 m³/hora para la tala (no se incluye el traslado de un árbol a otro) y 79 pt/hora para el aserrío. Para un equipo de cuatro personas, la producción es relativamente baja. Veamos las razones.



- El equipo de cuatro personas participó junto en todas las tareas de tumba del árbol y aserrío. Sin embargo, es posible primero tumbear los árboles con un equipo de dos personas y luego aserrar con cuatro. Probablemente esto no haya influido en los datos del cuadro, pero así se emplea menos personal y se bajan los costos.
- Más del 38% del tiempo se empleó en actividades complementarias. Este tiempo fue definido como la diferencia entre la suma de tiempo efectivo (tala + aserrío) y descanso, por un lado, y la duración de la jornada de trabajo en el sitio, por otro lado. Se incluye el tiempo de traslado de un árbol a otro. Es probable que este tiempo se pueda reducir.
- El tiempo promedio de 24 minutos para tumbear un árbol es alto. El equipo fue capacitado en labores de tala y aserrío en ese momento, lo que posiblemente haya influido (equipo inexperto).
- El troceo también tomó mucho tiempo.
- Particularmente en el apeo y troceo se presentaron valores extremos (error de muestreo alrededor de 90%). Se recomienda aumentar el número de muestras hasta llegar a un error más aceptable (por ejemplo, 20%). Mediante una fórmula común se puede calcular el tamaño de la muestra para tener un error de muestreo de 20% sobre el tiempo total: $n = t^2 \times CV^2 / E^2$, donde n = número de muestras (árboles), t = *t* de student, CV = coeficiente de variación, E = error de muestreo. En este caso, la recomendación sería una muestra de 44. Si sólo se fuera a evaluar la actividad del apeo, la muestra debe ser más grande debido al mayor coeficiente de variación (CV).

Fuente: Elaborado con base en datos de Cruz 1998

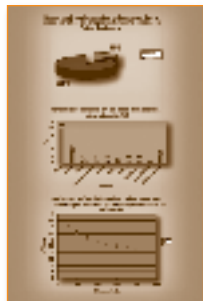
10.6.2 Estudio de faenas

Este método de toma de datos es probablemente el más común. Ya se ha mencionado que se puede utilizar para el registro diario de insumos (mano de obra, maquinaria, equipo y materiales) y producción. Si bien es de uso práctico, es menos detallado y de menor precisión que el método anterior, ya que no se especifica el gasto por sub-actividad en una faena. Por la misma razón, sin embargo, puede reflejar mejor la realidad operacional, ya que no somete a los trabajadores a la presión de un cronómetro y tratar de cumplir con lo prescrito en la forma más rápida posible. Por otra parte, el hecho de que el investigador no esté presente de manera continua, el mayor lapso para hacer los registros y la mayor cantidad de registros en el mismo tiempo, influyen de manera positiva en la representatividad de los datos tomados con este método.

De hecho, en estudios de rendimiento del aserrío con motosierra combinados con estudios de tiempos y movimientos se han encontrado mayores rendimientos (promedios de 52%; Cruz 1998) que en aquellos que se complementaron con estudios de faena o recopilación de datos (40%; Bámaca, com. pers.⁴), pero sobre un lapso más largo. La diferencia se debe, por lo menos parcialmente, al corto plazo del primer estudio y la presencia del investigador. Durante un corto tiempo, los trabajadores tratan de causar una buena impresión y se esmeran por hacer todo bien. En el otro caso, la información se tomó de los registros por faena de la empresa, los cuales habían sido recogidos por los técnicos de la empresa a lo largo de varios años.

El estudio de faenas es menos preciso que tiempos y movimientos, pero tiene otras ventajas adicionales que lo hacen preferido.

⁴ E. Bámaca, 2002. Ex-funcionario de la Fundación Naturaleza para la Vida en El Petén, Guatemala. Cursó estudios de postgrado en CATIE, donde investigó el efecto del aprovechamiento en el ciclo de carbono en el bosque petenero.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Por lo anterior, el **estudio por faena** conviene mejor si el objetivo es incorporar los datos en un análisis financiero. El **estudio de tiempos y movimientos** es más conveniente para análisis de problemas y comparación de diferentes métodos para llegar a los mismos productos.

Un formulario para la recolección de datos para estudios de productividad por faena se presenta en el Cuadro 10.7.

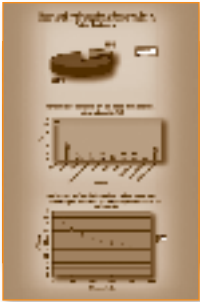
Cuadro 10.7 Ejemplo de toma de información para estudios de productividad por faena												
Fecha	Faena	No.	Mano de obra			Producción		Insumos				Herramientas
			Tiempo (hr:min)	Supervisor		No.	Unidades	Tipo	Cantidad		Precio (US\$) por unidad	
									No.	Unidad		
2-8-95	Arrastre	1	6:25	1	4	39	m ³	CAT D5	1	Tractor	300.000	Cadena, polea
								Combustible	40	Litros	0,40	Tambor
								Lubricantes	5	Litros	3,15	
3-8-95	Arrastre	2	4:30	1	4	24	m ³	CAT D5	1	Tractor	300.000	Cadena, polea
								Combustible	32	Litros	0,40	Tambor
								Lubricantes	4	Litros	3,15	
								Filtro de aceite	1	Filtro	14,10	Llave
4-8-95	Etc.											

Fuente: Adaptado de Reiche 1989

10.6.3 Recuperación de información

Ese método es el más barato y sencillo porque no requiere de toma de datos durante el periodo de estudio. Los datos existentes se recopilan en **archivos, publicaciones dispersas o entrevistas** con las personas involucradas. Su nivel de precisión depende de la exactitud de los archivos y de la memoria de las personas. Funciona muy bien si uno requiere de datos generales para un análisis de factibilidad financiera pero no se tiene tiempo para recogerlos en operaciones en el campo, ni se han realizado estudios de tiempos y movimientos o productividad por faena.

A menudo esta información se utiliza para triangular datos conseguidos por medio de uno o ambos de los otros métodos de recopilación de datos. Por ejemplo, Méndez (1996) realizó un estudio de costos del aprovechamiento en la zona norte de Costa Rica por medio de recuperación de datos y lo complementó con un estudio de productividad por faena, detallando los tipos de costos y la productividad por faena. Con el primer estudio se logró determinar los cambios en el tiempo de los costos del aprovechamiento y demostrar la representatividad de los datos del segundo estudio: costos promedios de cuatro empresas muy similares al promedio de los datos recuperados para la zona.



10.6.4 Estudio de rendimientos

El estudio de rendimientos, en el sentido de cuánto producto se obtiene por unidad de materia prima, no forman parte de las actividades del aprovechamiento, excepto cuando la primera transformación se realiza en el bosque (Capítulo 9). Sin embargo, los estudios de rendimientos son muy importantes para calcular los costos y beneficios del aprovechamiento en relación con el producto final; además, son la mejor forma de demostrar la importancia de entregar un producto de alta calidad a las plantas de transformación: el rendimiento de un fuste muy dañado o deformado es mucho más bajo que el rendimiento de un fuste recto, sano y preferiblemente grueso. Para la zona del Río San Juan, sur de Nicaragua, Travisany *et al.* (2002) calculan el costo total del aprovechamiento hasta el patio de todo tiempo en US\$139/m³ de madera aserrada con un rendimiento de 40%, y US\$93/m³ de madera aserrada cuando el rendimiento sube a 60% (Cuadro 10.8).

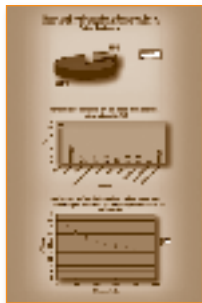
Cuadro 10.8 Efecto del rendimiento del aserrío sobre la importancia de los costos del aprovechamiento en relación con el costo total de madera aserrada en Río San Juan, Nicaragua	
Actividad	Costo (US\$/m³)
Dueño de la madera	12,47
Alistado (corta y red vial)	7,31
Operaciones de saca	14,62
Impuestos	10,12
Planificación, administración y otros	11,03
Total puesto en patio por m ³ en rollo:	55,55
Por m ³ de madera aserrada con 40% rendimiento	139
Por m ³ de madera aserrada con 60% rendimiento	93

Fuente: Adaptado de Travisany *et al.* 2002

La importancia de los datos del Cuadro 10.8 reside en que una empresa que trabaja con mayor rendimiento en la transformación estaría más dispuesta a pagar US\$55,55/m³ de madera en rollo puesta en el patio, que otra cuyo rendimiento es menor porque, por metro cúbico de madera aserrada, este valor significa menos para la primera empresa que para la segunda.

Los estudios de rendimientos también son importantes para analizar la factibilidad del aprovechamiento de madera de tamaños menores y de las ramas.

Ahora, la pregunta obvia es, **¿cómo realizar estos estudios de rendimiento y qué variables hay que medir?**



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Al igual que en los estudios de costos es importante, una vez que se ha detectado la necesidad de realizar estudios de rendimientos, definir quiénes harán el estudio, dónde y cuándo. También hay que definir el diseño y la magnitud de los estudios. Los criterios a emplear son similares a los que se usan en inventarios forestales (Orozco y Brumér 2002), tratando de establecer un balance entre costos y confiabilidad de la toma de los datos. Si los costos no constituyen una limitación, es bueno empezar con un muestreo de 10 unidades de materia prima (por ejemplo trozas) para determinar la variabilidad de los datos y calcular el tamaño de la muestra con base en esta variabilidad. Para obtener datos representativos es más seguro escoger las unidades de muestreo al azar que hacer una selección sistemática de las muestras. Igualmente, podría ser recomendable hacer el muestreo durante diferentes días y diferentes horas del día, si hay suficiente tiempo y fondos para hacerlo.

El propósito de este libro no es entrar en detalles estadísticos del muestreo, ya que el manual de inventarios forestales se dedica completamente al tema (Orozco y Brumér 2002); se sugiere consultar ese manual para actualizarse en los métodos estadísticos pertinentes. Lo que sí es importante observar en el contexto de este libro es la parte técnica de tales estudios. ¿Cuál es el producto que se mide, cómo se mide, y cómo se analizan e interpretan los resultados de las mediciones?

Para cada estudio de rendimientos, hay que definir bien el producto que se mide, la forma de medición y las unidades de medición a emplear. En especial, estas definiciones deben estar muy claras si el fin del estudio es contribuir a un análisis financiero de la cadena forestal (del árbol en pie hasta el consumidor final). El estudio de Cruz (1998) sobre el rendimiento del aserrío con motosierra con marco en un bosque latifoliado de Toncontín, Honduras, muestra muy claramente la importancia de definir los productos a medir. Dicho estudio arrojó un total de 159 pt de madera en bloque por cada metro cúbico en troza (37,6% del volumen en troza), lo cual significaba 52,8% del volumen comercial calculado en el censo, posiblemente por subestimación de este último volumen.

También Bámaca (2002) muestra que el rendimiento depende de la fase en la cadena y de la definición de los productos (Cuadro 10.9). En el caso estudiado en El Petén, Guatemala, el rendimiento de un árbol (incluyendo ramas) sobre toda la cadena forestal es de 24%, pero el rendimiento en la fase de aserrío es de 53%.



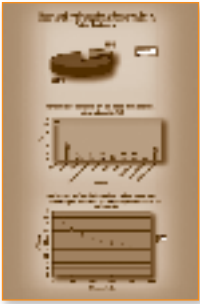
Cuadro 10.9 Rendimientos de las diferentes fases en la cadena forestal	
Producto	% del volumen total inicial
Árbol	100
Residuos en el bosque	46,7
– Ramas	34,4
– Tocón	6,0
– Fuste no comercial	6,2
Madera en troza	53,3
Residuos en aserradero	28,9
– Corteza	6,9
– Aserrín	2,8
– Lepas (costillas) y orillas	8,5
– Despunte y clasificación	6,6
– Macia (sobredimensión del producto)	4,1
Madera aserrada	24,4

Fuente: Bámaca (2002)

Por lo general, los estudios de rendimiento se hacen en la fase de transformación, donde el producto de insumo es la troza y el producto de salida, la tabla o el bloque. Algunos residuos pueden utilizarse para otros fines también, con lo que se aumenta la utilidad de la madera. Es importante definir si se trata de un rendimiento por metro cúbico con o sin corteza. Los datos de Bámaca muestran que la corteza de las especies evaluadas representa alrededor de 13% del volumen de una troza. Un rendimiento de madera aserrada de 46% con base en una troza sin corteza, equivale a 40% de una troza con corteza. Para tener datos útiles para las estimaciones -por ejemplo, el volumen de madera aserrada que puede salir de un bosque- es preferible calcular el rendimiento con base en el volumen de madera con corteza, ya que los datos de árboles en pie generalmente incluyen la corteza. Pero si uno quiere saber la eficiencia de la producción -es decir, cuánta de la madera utilizable se convierte en producto- es mejor calcular el rendimiento con base en la troza sin corteza.

Para conocer el **total de materia prima** con que se cuenta, se mide el volumen de la troza aplicando la fórmula de Smalian (promedio de las áreas basales en ambos extremos de la troza (en m²) por el largo de la troza en m nos da el volumen en m³). También se pueden utilizar otras fórmulas usadas en la región. Esta es la base para los cálculos de rendimiento que deben ser complementados con la medición de los **productos obtenidos**. Para mayores detalles ver Sección 9.5.

El Cuadro 10.10 muestra un ejemplo de un formulario para la toma de datos de este tipo de estudios.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Cuadro 10.10 Ejemplo de un formulario para la toma de datos de estudios de rendimientos												
No. árbol	Especie	Troza	Largo	Diámetro máximo	Diámetro mínimo	Volumen		Producto	Ancho	Espesor	Largo	Volumen
			(m)	(m)	(m)	m ³	pt		(")	(")	(pies)	(pt)
1	María	1	3,50	0,75	0,72	A calcular después		Bloque 1	8	4	10	
								Bloque 2	8	4	10	
												
								Bloque 8	8	4	10	
								Bloque 9	6	4	10	
												
								Bloque 12	6	4	10	
								Tabla 1	8	1	10	
								Tabla 2	8	1	10	
								Tabla 3	6	1	10	
		2	3,40	0,72	0,68	etc....						

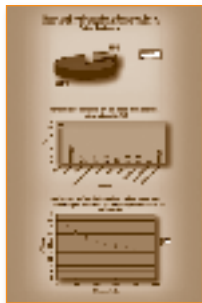


En esta sección hemos:

- Indicado los métodos de recolección de información del aprovechamiento:
 - estudio de tiempos y movimientos
 - estudio de faenas
 - recuperación de información de operaciones pasadas
 - estudio de rendimientos

10.7 Bibliografía

- Amaral, P; Veríssimo, A; Barreto, P; Vidal, E. 1998. Bosque para siempre. Manual para la producción de madera en la Amazonia. Belem, Brasil, IMAZON. 162 p.
- Bámaca, E. 2002. Dinámica del carbono en los residuos forestales producidos durante el aprovechamiento y el aserrío en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 75 p.
- Campos, R. 1983. Estructura de los costos de extracción y transporte de madera rolliza en la selva baja. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002 Fortalecimiento de los programas de desarrollo forestal en la Selva Central. Lima, Perú, Ministerio de Agricultura/PNUD/FAO. 71 p. (Documento de Trabajo no 6).
- CATIE-CONAP. 1998a. Análisis financiero San Miguel 1998. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Informe interno. sp.
- _____. 1998b. Análisis financiero Suchitán 1998. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Informe interno. sp.
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 1999a. Metodología para el análisis financiero de concesiones forestales en la Reserva de la Biosfera Maya. Estudio de caso: San Miguel La Palotada. Guatemala de la Asunción, CONAP. 53 p.
- _____. 1999b. Pago por derecho de concesión en unidades de manejo comunitarias en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. CATIE-CONAP. Informe interno. sp.
- Cruz, M. 1998. Validación financiera, técnica, ecológica y social del sistema de aserrío con motosierra y marco. Informe Proyecto PD 47/94 Rev. 3(1) "Utilización industrial de especies forestales menos conocidas en los bosques bajo manejo forestal sostenible". La Ceiba, Honduras, PROINEL-OIMT/COHDEFOR. 64 p.
- Cruz Bolaños, J. 1999. Experiencias de manejo forestal en el sitio demostrativo "Las Catrachas", Río Chanchich, Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. CATIE-CONAP. Informe interno. sp.
- FAO. 1974. Logging and log transport in tropical high forest: A manual on production and costs. Rome, Italy, FAO. 90 p. (FAO Forestry Development paper no 18). (También en español).
- Gómez, M; Quirós, D. 2001. Análisis financiero del manejo de bosques. In Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. pp. 229-263. (Serie Técnica. Manual Técnico no 46).
- Méndez, J. 1996. Determinación de la rentabilidad financiera del manejo del bosque natural en la zona norte de Costa Rica en fincas propiedad de asociados de CODEFORSA. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 88 p.
- NPV (Fundación Naturaleza para la Vida, GT). 1999. Costos de cuatro inventarios en El Petén. Flores, Petén, NPV. Informe interno. sp.
- Obando, G. 1997. Evaluación del desempeño de un diseño de vías de transporte menor asistido por computadora para el aprovechamiento selectivo de guácimo (*Goethalsia meiantha*) en un bosque húmedo tropical de tierras bajas ubicado en Sarapiquí, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 105 p.
- Orozco, L; Brumér, C. 2002. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. CATIE, Turrialba, CR. 264 p. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 50).
- Posas, A. 1998. Factores que facilitan la adopción de la motosierra con marco como tecnología de aprovechamiento forestal: estudios de caso con productores que manejan bosques comunales, zona norte de Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 117 p.
- Quirós, D; Gómez, M. 1998. Manejo sustentable de un bosque primario intervenido en la zona Atlántica Norte de Costa Rica. Análisis financiero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 22 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no 303). Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no 13).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- Reiche, C. 1989. Manual para determinar rendimientos y costos de faena de productos de los sistemas de árboles de uso múltiple. Turrialba, CR, CATIE. 62 p.
- Rodríguez, H. 1996. Rendimientos e impactos de las intervenciones silviculturales en un bosque nuboso: estudio de caso Villa Mills, Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 104 p.
- Sabogal, C; Castillo, A; Carrera, F; Castañeda, A. 2001. Aprovechamiento forestal mejorado en bosques de producción. Estudio de caso Los Filos, Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, CR, CATIE. 56 p. (Serie Técnica, Informe Técnico no 323, Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no 21).
- Travisany, G; Ambrogi, R; Cisneros, N. 2002. Comercialización de madera en la zona de amortiguamiento de la Reserva Indio-Maíz, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 43 p.
- Venegas, G; Louman, B. 2001. Aprovechamiento de impacto reducido como tratamiento silvicultural en un bosque montano de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 55 p. (Serie Técnica. Informe Técnico. 325. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no 23).



Capítulo 11

Condiciones laborales en el aprovechamiento forestal

- 11.1 Introducción
 - 11.1.1 Ergonomía forestal
 - 11.1.2 La certificación forestal y los aspectos laborales
 - 11.1.3 Códigos y convenciones
- 11.2 Salud y condiciones de vida y laborales
 - 11.2.1 Alimentación
 - 11.2.2 Agua
 - 11.2.3 Campamento
 - 11.2.4 Clima
 - 11.2.5 Jornada de trabajo
 - 11.2.6 Sobrecarga física y posiciones de trabajo
 - 11.2.7 Ruido y vibración
 - 11.2.8 Sobrecarga mental
 - 11.2.9 Otros factores que afectan la salud
- 11.3 Seguridad laboral
 - 11.3.1 Tipos de accidentes
 - 11.3.2 Causas de accidentes
 - 11.3.3 Consecuencias de los accidentes
 - 11.3.4 Medidas para la prevención de accidentes y control
 - 11.3.5 Derechos laborales
- 11.4 Capacitación
 - 11.4.1 Temas de capacitación en el aprovechamiento de impacto reducido
 - 11.4.2 Capacitación ¿a quién? y ¿cómo?
- 11.5 Organización
 - 11.5.1 La organización óptima
- 11.6 Motivación
 - 11.6.1 Motivación monetaria
 - 11.6.2 Motivación no monetaria
- 11.7 Comunicación pública
- 11.8 Comentarios finales
- 11.9 Bibliografía

Cecilia Brumér
Bastiaan Louman
David Quirós

La ergonomía busca la mejor manera de adaptar el trabajo al hombre. Su propósito es mejorar el rendimiento y la calidad del trabajo, proteger a los trabajadores de accidentes y enfermedades ocupacionales y, a la vez, fomentar el bienestar laboral.

11.1 Introducción

Hoy día la opinión general en el mundo forestal es que el manejo sostenible de los bosques tiene que ver más con la gente que con los árboles, ya que el manejo se refiere principalmente a los beneficios (bienes y servicios) que el bosque puede generar para la gente y los impactos negativos que la gente puede ocasionar al bosque. Sin embargo, ha tomado mucho tiempo hasta que llegamos a entender la importancia de la gente que trabaja en y depende de la actividad forestal. Recién en los últimos años, se han realizado conferencias y se han escrito libros y artículos que hablan de los aspectos laborales; asimismo, en la certificación forestal y en varios códigos de prácticas, las condiciones laborales juegan cada día un papel más importante.

Aunque debido a la falta de estadísticas en muchos países del mundo es difícil obtener una cifra confiable de la cantidad de personas involucradas en actividades forestales, según la Organización Internacional del Trabajo (OIT 1997), solamente el aprovechamiento forestal ocupa alrededor de tres millones de personas en el mundo. Otras informaciones destacan que el sector forestal y las industrias maderera, pulpa y papel ocupan 15 millones de personas; si contamos también al sector informal -en el cual se ubican la mayoría de las pequeñas y medianas empresas que operan en Centroamérica- tendremos una cifra de más del doble. Pero si incluimos además el empleo de subsistencia, la cifra es de alrededor de 45 millones de puestos de trabajo a tiempo completo, y el número de personas empleadas varias veces superior (Poschen 1997). Si, por otra parte, se considera a la gente que vive del manejo de productos forestales no maderables, como nueces, ornamentales, bejucos, raíces, cortezas, resinas y otros, es evidente que el sector forestal es bastante significativo para muchas personas alrededor del mundo. El sector forestal establece la diferencia entre ser y no ser para un gran número de comunidades rurales y pequeños pueblos.

En los capítulos anteriores hemos tratado temas más técnicos, ya que es obvio que para un buen aprovechamiento se necesita saber mucho de diferentes técnicas y conocer bien el **recurso natural** (el bosque); además, es necesario saber manejar el **recurso financiero** (el capital, o sea, máquinas, dinero, herramientas). Sin embargo, tenemos que ocuparnos también de la gente que trabaja en el bosque, sean obreros, pobladores locales, empresarios, propietarios, técnicos o ingenieros, pues todos ellos representan el **recurso humano**. En este capítulo usaremos el término “trabajador forestal” para referirnos a todos aquellos que ganan su sustento con los recursos del bosque.

El enfoque de nuestra atención es el ser humano; por eso, debemos aprender sobre la fisiología humana y las capacidades y limitaciones humanas, con el fin de diseñar el equipo y las herramientas, organizar el trabajo, enseñar posiciones de trabajo adecuadas. Aunque en la sección 11.2 tocamos algunos de estos puntos, lo referente a la fisiología escapa al propósito de este texto; el lector interesado deberá buscar en los sitios apropiados. En FAO (1993) “Introducción a la ergonomía forestal para países en desarrollo” y Apud *et al.* (1999) “Manual de ergonomía forestal” se mencionan algunas bases de importancia para la labor de aprovechamiento.



Solamente en Brasil, el sector forestal ofrece trabajo directo a 700.000 y trabajo indirecto a 2 millones de personas (Carneiro 2002).

Los efectos positivos o negativos del trabajo en el operario redundan positiva o negativamente en la producción.



El aprovechamiento de impacto reducido busca proteger al medio ambiente, pero además, debe promoverse la protección al recurso humano. El manejo sostenible de los recursos naturales requiere de un manejo sostenible del recurso humano.

Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

El otro foco de atención es el trabajo forestal, que se caracteriza por un entorno laboral difícil, un fuerte esfuerzo físico y un alto riesgo de accidentes (secciones 11.2 y 11.3). Las altas tasas de accidentes y las condiciones laborales no solamente son perjudiciales para la fuerza laboral, sino que además constituyen un obstáculo importante para la implementación del aprovechamiento de impacto reducido y, en países en desarrollo en particular, causan un círculo vicioso de baja productividad, bajos salarios e inestabilidad laboral (Blombäck 2001).

Además de salud y seguridad laboral, en este capítulo trataremos algunos otros aspectos del entorno del trabajador forestal, tales como capacitación (11.4), la organización del trabajo (11.5), la motivación para trabajar mejor (11.6) y la interacción entre quienes aprovechan el bosque, las comunidades y otros actores circunvecinos (11.7).

Es importante tener todos estos aspectos en cuenta durante la planificación, ejecución y evaluación del aprovechamiento, porque el bienestar del personal influye en la producción, tanto en cantidad (volumen aprovechado por unidad de tiempo y de área) como en calidad (condición del producto, estado de la masa remanente y estado del bosque en general). **El rendimiento forestal depende de los trabajadores, la tecnología usada y las características y condiciones del trabajo, del área y del sitio.**

11.1.1 Ergonomía forestal

El término ergonomía se deriva del griego (*ergo* = trabajo, *nomos* = leyes) y se usa para identificar una disciplina multifacética que busca la mejor manera de adaptar el trabajo al hombre. Su propósito es mejorar el rendimiento y la calidad del trabajo, proteger a los trabajadores de accidentes y enfermedades ocupacionales y, a la vez, fomentar el bienestar laboral.

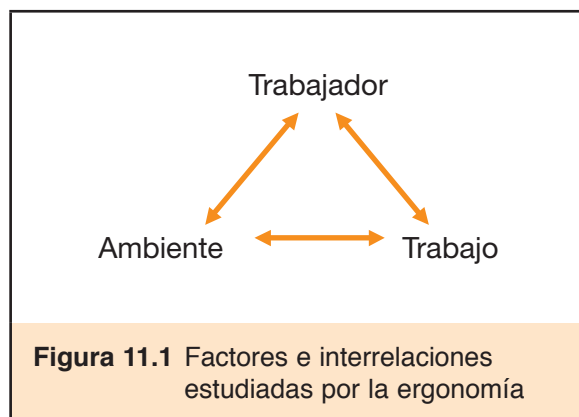
Si la investigación forestal en el neotrópico es bastante reciente, la ergonomía y el manejo del recurso humano en el sector forestal han recibido aún menos atención. La mayor parte de la información disponible viene de países industrializados; en el neotrópico, son pocos los estudios al respecto. No obstante, tal información se viene usando en los trópicos con las consiguientes adaptaciones, pues aquí las condiciones son mucho más complejas y difíciles a nivel físico y tecnológico, de características antropométricas y aptitud física de los trabajadores, condiciones socioculturales, educacionales y nutricionales.

La idea de utilizar criterios ergonómicos cuando se planifica y diseña una actividad no es habitual. Hay una tendencia a aceptar las cosas como están “*porque siempre han sido así*”. Esa tendencia se debe en buena parte a que los operarios y trabajadores en general necesitan el trabajo y por eso se ajustan a las condiciones existentes, aunque sean malas. En cualquier empresa forestal es común que se detallen las características, técnicas y origen de cada equipo, así como la producción que se espera lograr y los costos en que se va a incurrir. Sin embargo, cuando se consulta sobre los problemas a que pueden verse enfrentados los trabajadores, salvo que sean muy evidentes, habitualmente hay poca información. Según Frisk, “*Sobre el mantenimiento de la motosierra deben haberse escrito más de cien estudios en América Latina, pero sobre el trabajador forestal no creo que haya más de cinco*” (Frisk 1976 en Strehlke 1987).

Condiciones laborales en el aprovechamiento forestal

Aunque haya más estudios sobre el trabajador forestal latino ahora que en los 70, la tendencia continúa. Una buena excepción es Chile donde se han hecho varios estudios sobre las condiciones laborales de los trabajadores forestales. Desde 1972, en la Universidad de Concepción hay un Laboratorio de Ergonomía, el cual da prioridad al sector forestal. Allí se desarrollan labores de docencia, investigación, difusión y asistencia técnica; además, muchas empresas solicitan información o la ejecución de estudios.

La ergonomía trata de las interrelaciones entre el trabajador y el ambiente laboral (Fig.11.1). Todos sus esfuerzos aspiran a la adaptación del trabajo a las necesidades, capacidades y limitaciones del trabajador, ajustando la tecnología y organización del trabajo y, hasta un cierto grado, ajustando el individuo al trabajo a través de entrenamiento e información adecuados.



El ambiente laboral se refiere a todas las condiciones, influencias y circunstancias que rodean y afectan al trabajador. Dentro del ambiente laboral tenemos también las relaciones entre los seres humanos: entre trabajadores, entre los trabajadores y sus superiores, entre la empresa y los trabajadores, la empresa y la comunidad, etc. Un conocimiento detallado de estos factores y sus interrelaciones nos ayuda a aumentar la eficiencia del aprovechamiento, la seguridad, la salud y el bienestar del trabajador.

11.1.2 La certificación forestal y los aspectos laborales

La certificación forestal representa una tendencia positiva del interés por cuestiones humanas y sociales en el sector forestal en la región. La certificación forestal busca un manejo forestal sostenible y para esto es necesario no solamente promover técnicas y actividades sustentables, sino que también hay que mejorar el bienestar del trabajador y la situación de los trabajadores forestales y las comunidades campesinas e indígenas. Eso implica *“trabajar para integrar los criterios sociales y los indicadores en las normas nacionales, presionar los procedimientos internacionales y las iniciativas nacionales y locales, estableciendo nuevas estructuras de participación para los trabajadores en el manejo forestal y en los esfuerzos de certificación, proporcionando apoyo y compartiendo información, invirtiendo e iniciando prácticas forestales innovadoras, monitoreando los acuerdos de certificación y, a más largo plazo, ampliando el campo de la certificación de forma que todos los trabajadores de los bosques y de la madera estén protegidos de conformidad con los acuerdos de certificación.”* (FSC 1999)



El objetivo de la ergonomía es optimizar las relaciones hombre-trabajo-ambiente, desde el punto de vista de la seguridad y la salud, el bienestar y la eficiencia del trabajador.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

El proceso de certificación del FSC (Forest Stewardship Council) dice que el manejo forestal debe mantener y elevar el bienestar social y económico de los trabajadores forestales y de las comunidades locales, a largo plazo. El FSC puede ayudar de manera significativa a lograr el manejo forestal socialmente beneficioso a través de varios mecanismos; por ejemplo, la aplicación de los estándares referidos a los derechos y responsabilidades de tenencia y uso de las tierras forestales, los derechos de los pueblos indígenas, las relaciones comunales, los derechos de los trabajadores forestales y los atributos sociales y culturales de los bosques de gran valor para la conservación (CFV 2001).

En este momento, existen iniciativas nacionales de certificación en Nicaragua y Guatemala; en Costa Rica también se han desarrollado estándares y procedimientos para el manejo sostenible y la certificación forestal basados en los principios y criterios de la FSC, pero adaptados a la realidad costarricense. El énfasis se ha puesto en los derechos de propiedad, los diferentes actores del manejo forestal, la salud y seguridad de los trabajadores, la distribución de los beneficios, la comunicación entre dueños y empresas y el entorno social de las operaciones (Ver Recuadro 11.1).

Recuadro 11.1

Los capítulos de los “Estándares y procedimientos para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica” que tratan aspectos sociales y laborales (tomado de MINAE 2002)

Principio 3: Derechos de los Trabajadores y Relaciones Comunales

El manejo forestal deberá mantener o elevar el bienestar social y económico de los trabajadores forestales y respetar los derechos de las comunidades.

Criterios:

3.1 El manejo forestal cumple o supera las disposiciones indicadas en la legislación nacional e internacional aplicables a la salud y la seguridad de los trabajadores.

Indicadores:

- 3.1.1 Los trabajadores cuentan con el equipo mínimo de seguridad laboral, la capacitación y la supervisión requeridos para disminuir los riesgos en la salud ocupacional.
- 3.1.2 En caso de operaciones forestales que opten por la certificación, se demuestra el cumplimiento con la normativa legal vigente y con los tratados internacionales aprobados por la Asamblea Legislativa, en materia de salud y seguridad para los trabajadores, en lo que se refiere a higiene, condiciones laborales, seguros y riesgos profesionales.
- 3.1.3 En caso de operaciones que opten por la certificación, se demuestra que la mano de obra extranjera, está debidamente autorizada para trabajar en el país y cuenta con las mismas condiciones y garantías que los trabajadores nacionales.



3.2 Las comunidades y población local se benefician directa o indirectamente de la utilización del bosque.

Indicadores:

3.2.1 En el plan de manejo se identifican y protegen los bienes comunales de vital importancia, como caminos, nacientes de agua y tomas de agua para abastecimiento de acueductos, áreas de protección de ríos y quebradas; así como, áreas de recarga acuífera y sitios de importancia histórica, cultural o ecológica, cuando estas estén oficialmente establecidas.

3.2.2 En caso de operaciones forestales que opten por la certificación, se demuestra que la población local tiene oportunidades de trabajar en las operaciones de manejo forestal

3.3 Existe comunicación efectiva entre las comunidades, por medio de sus representantes y los responsables del manejo forestal.

Indicadores:

3.3.1 Cuando los bienes comunales de vital importancia se vean afectados por el manejo forestal, se establecen los mecanismos de comunicación adecuados entre los representantes de la comunidad y los responsables del manejo forestal.

3.3.2 Se aplican los mecanismos jurídicos de derecho administrativo constitucional y común o de acuerdo voluntario entre las partes para la resolución de conflictos entre los responsables del manejo y la comunidad.

Principio 4: Derechos de las Comunidades Indígenas

Se reconocen y respetan los derechos legales y consuetudinarios de las comunidades indígenas a poseer, usar y manejar sus tierras, territorios y recursos naturales.

Criterios:

4.1 El manejo forestal garantiza un estricto respeto a los derechos de propiedad y de uso de las comunidades indígenas sobre recursos naturales.

Indicador:

4.1.1 El manejo forestal no amenaza ni limita, directa o indirectamente, el uso de los recursos y los derechos de propiedad de las comunidades indígenas.

4.2 La planificación, la ejecución y el monitoreo del manejo forestal en las áreas boscosas incluidas dentro de las reservas indígenas, se llevan a cabo con el consentimiento de las comunidades autóctonas.

Indicadores:

4.2.1 El plan de manejo cuenta con el visto bueno del representante legal de la Asociación de Desarrollo Integral y según acuerdo de la Junta Directiva.

4.2.2 Los informes de regencia de ejecución del plan de manejo están avalados y firmados, además del propietario, por el representante legal de la Asociación de Desarrollo integral.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

4.3 Los sitios de especial significado cultural, ecológico, económico o espiritual para las comunidades indígenas, son reconocidos por los responsables del manejo forestal.

Indicadores:

- 4.3.1 En el plan de manejo se identifican claramente los sitios especiales de interés para las comunidades indígenas y se ubican en el mapa base.
- 4.2.2 En el plan de manejo se definen acciones para proteger los sitios de especial significado para las comunidades indígenas.
- 4.2.3 Las actividades de aprovechamiento forestal no causan daños a los sitios especiales identificados en el plan de manejo.
- 4.2.4 En el plan de manejo se respetan o se protegen árboles y otras especies vegetales de especial interés para los indígenas.

11.1.3 Códigos y convenciones

En varios países se ha desarrollado y puesto en práctica un “Código de prácticas forestales”; sin embargo, pocos incluyen las condiciones laborales. El Código de Prácticas Forestales de Chile se adoptó en 1997 y aspira a promover prácticas que aumenten la productividad y protejan al mismo tiempo el recurso natural y humano. El código tiene capítulos específicos sobre capacitación y condiciones laborales (OIT 1999).

El Código Nacional de Fiji sobre prácticas de aprovechamiento (aprobado en 1990) contiene elementos como salud y seguridad. Una evaluación al mismo, patrocinada por la OIT, concluyó que el código había tenido un claro efecto positivo en el medio ambiente, en las condiciones laborales y en la productividad (Blombäck 2001).

La OIT ha producido varias publicaciones al respecto. En 1998, apareció un documento sobre el código de prácticas relacionadas con la seguridad y salud en el trabajo forestal. En este documento se enfatiza la importancia de que las políticas de seguridad lleguen a todos los niveles (nacional, regional, empresarial y lugar de trabajo). La OIT ayuda a los países miembros y a la industria a adaptar el código a las condiciones nacionales y regionales (Blombäck 2001). La FAO también ha elaborado un modelo de código que sirva como referencia para los países interesados en la adopción o revisión de sus propios códigos de práctica forestal. Su propósito general es promover prácticas de extracción que mejoren los estándares de utilización, reduzcan los impactos ambientales negativos, ayuden a asegurar que los bosques se mantengan para las futuras generaciones y mejoren la contribución social y económica de la actividad forestal como un componente del desarrollo sostenible (FAO 1997a). Aunque el propósito de este código es lograr reducir los impactos ambientales, también hace referencia a la seguridad de los trabajadores, particularmente de los motosierristas (Dyestra y Heinrich 1996).

La OIT ha promovido varias convenciones laborales generales con implicaciones en el trabajo forestal (por ejemplo, el derecho de asociación y negociación colectiva, eliminación del trabajo infantil, salarios y remuneraciones mínimas); además, tiene su propio Código de Prácticas de Seguridad y Salud para Trabajadores Forestales.



En esta sección hemos:

- Definido el término ergonomía e indicado su objetivo.
- Establecido que la certificación forestal representa una tendencia positiva del interés por cuestiones humanas y sociales en el sector forestal.
- Mencionado algunos códigos de prácticas forestales y establecido que pocos incluyen las condiciones laborales.

11.2 Salud y condiciones de vida y laborales

Aunque los accidentes representan un problema grave en el sector forestal (ver sección 11.3), la salud y las condiciones de vida del trabajador son problemas aún más serios y complejos, aunque a menudo no se reconozcan como tales. En América Central, la alimentación en general es insuficiente y deficiente, la capacitación escasa, los aspectos de seguridad laboral deficientes, los campamentos mal construidos y equipados, la salud precaria; en consecuencia, el rendimiento y los ingresos son bajos. Este círculo vicioso (Fig. 11.2) tiene que ser roto para que logremos una mejor salud, mejores condiciones de vida para los trabajadores y mayores rendimientos e ingresos para todos. En las secciones siguientes mencionaremos los aspectos que más afectan la salud y las condiciones de vida para quienes trabajan en el aprovechamiento forestal.

El mejoramiento de la seguridad y salud ocupacional en el aprovechamiento debe ser una condición previa para el aprovechamiento de impacto reducido.

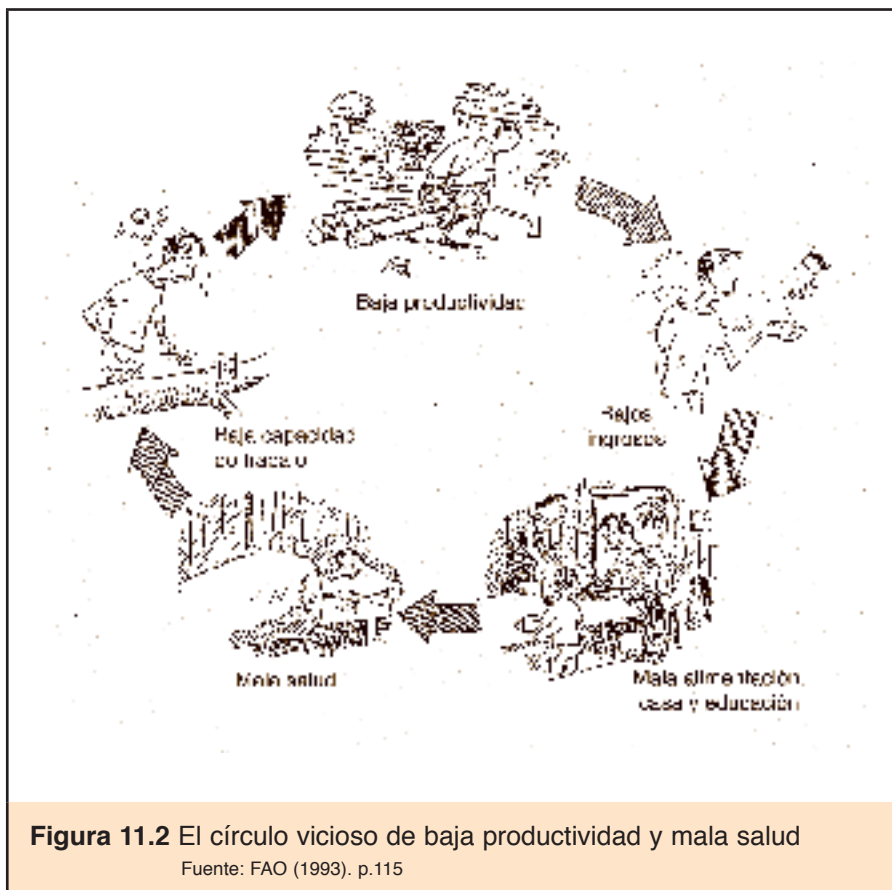


Figura 11.2 El círculo vicioso de baja productividad y mala salud

Fuente: FAO (1993). p.115



11.2.1 Alimentación

Solamente por el hecho de estar vivos, los seres humanos requieren energía. La cantidad de energía, medida en kilocalorías (kcal) o kiloJoules (kJ), que necesita un ser humano varía con el sexo, el tamaño corporal, la edad, estado fisiológico, condiciones ambientales y otros factores. No obstante, lo que condiciona las mayores diferencias en el gasto energético diario es la actividad física laboral. Por ejemplo, un hombre en cama gasta entre 0,8 y 1,2 kcal por minuto, lo que significa 1200-1700 kcal en 24 horas aproximadamente; un trabajador de oficina requiere entre 2000 y 3000 kcal diarias (Apud *et al.* 1999). Según varios estudios (Apud y Valdés 1993, OIT 1958 en Campos y Salinas 1985, Apud *et al.* 1999), un trabajador forestal en el neotrópico (donde la mecanización es baja y las condiciones del trabajo son duras) por lo general necesita una ingesta de 4000 a 4500 kcal (16 744 kJ- 18 837 kJ¹) por día, aunque hay variaciones debido a condiciones individuales, ambientales y de actividad.

Según la FAO (1993), actividades como volteo, desrame y corte de madera significan un gasto energético promedio de entre 8,4-8,8 kcal por minuto; es decir que si el tiempo efectivo de trabajo es de cinco horas, el trabajador necesita más de 2500 kcal para realizar su trabajo. Si incluimos las 2000 calorías para el metabolismo basal y para las actividades realizadas durante periodos de descanso, tenemos un requerimiento de 4500 kcal. Muy pocos trabajadores en el neotrópico reciben esta cantidad de calorías en un día; por ello, no tienen energía suficiente para toda la jornada, lo que redundará en una baja productividad. Si la comida en un día contiene, por ejemplo, 2000 kcal y el trabajo durante la jornada de ocho horas requiere 4000 kcal, es obvio que la persona no puede realizar su trabajo al 100% durante todo el periodo. La energía solamente duraría para cuatro horas; después de ese tiempo, el trabajador está fatigado y el rendimiento y la eficiencia bajan de manera significativa.

Trabajadores chilenos que recibieron 4000 kcal al día tuvieron un rendimiento entre 18 y 25% más alto que los trabajadores con insumos energéticos menores (Apud y Valdés 1995).

En una faena de raleo comercial en Chile, el tiempo efectivo de trabajo era de casi cuatro horas, con una jornada real de nueve horas (Apud 1983, en Apud y Valdés 1993). Otro estudio realizado en Perú mostró resultados semejantes; el desayuno de los trabajadores contenía 857 kilocalorías y no comieron nada en el bosque durante la jornada de siete horas. Después de 3,5 horas, el ritmo del trabajo tendía a disminuir, los descansos se hacían más largos y frecuentes y el rendimiento bajó bastante (Campos y Salinas 1985). Como muestran estos casos, la falta de una alimentación adecuada impide la utilización de la capacidad plena de cada persona durante varias horas al día. Eso implica que la productividad disminuye notablemente y los costos operativos suben. Además, aumenta el peligro de accidentes debido a la fatiga y falta de atención.

Aparte de insuficiencia en calorías, varios estudios han demostrado que la dieta de los trabajadores forestales es bastante pobre (Campos y Salinas 1985, Apud y Valdés 1993). Las dietas comunes son ricas en hidratos de carbono, pero faltan proteínas, minerales y vitaminas. La falta de calcio agrava la predisposición a padecer microfracturas; además, el calcio cumple una función indispensable en la coagulación de la sangre y juega un papel muy importante en la contracción y relajación de los músculos. La deficiencia de vitamina A puede causar la incapacidad de ver normalmente con luz tenue (ceguera nocturna) y la falta de vitamina C reduce las defensas contra enfermedades como resfríos y gripe y puede causar escorbuto.

¹ 1 kcal = 4,186 kJ



En Centroamérica, tanto en los campamentos forestales como en las propias casas de los trabajadores, la cantidad y calidad de los alimentos que se ingieren es bastante baja. Las cantidades de alimentos no son suficientes y las dietas son pobres; con mucha frecuencia las tres comidas básicas (desayuno, almuerzo y cena) consisten de arroz, frijoles, tortillas (de harina de trigo y/o masa de maíz), queso o algún otro lácteo de procesamiento sencillo y local y, en el mejor de los casos, se varía con pastas preparadas con alguna salsa. En cuanto a bebidas, se tiene agua del lugar revuelta con concentrados artificiales y azúcar y/o café. La dieta por lo general no incluye huevos, carnes (solo se consumen cuando hay fortuna en la cacería de presas silvestres), leche, embutidos, verduras, legumbres, frutas y complementos de minerales y vitaminas.

Estos aspectos se relacionan con la poca disposición de las empresas a invertir en la alimentación de los trabajadores, y también con patrones culturales que no valoran la importancia de una buena alimentación en el desempeño de los trabajadores. Además, en muchos casos la preparación no es adecuada, ya que las condiciones para preparar los alimentos son deficientes, sin utensilios ni equipos apropiados. También los horarios de comida son frecuentemente interrumpidos, alterados y hasta obviados.

Varios estudios demuestran que la productividad mejora cuando se ofrece buena comida en los campamentos (Strehlke 1987). En Zambia y Chile se observó que la alimentación era insuficiente para una tarea pesada; por eso, las empresas pagaron por comidas más nutritivas en el propio sitio de trabajo, con la consiguiente mejora en la salud y la productividad de los operarios (Staal Wästerlund 1993 y Poschen 1993, respectivamente). Aunque una solución de esta índole es poco probable para las pequeñas empresas del neotrópico, hay otras soluciones. Por ejemplo, que los trabajadores lleven su propia merienda; mejorar las comidas ofrecidas en los campamentos, incluyendo frutas, verduras y proteínas; buscar cerca del campamento, un huerto o granja que provea de productos alimenticios.

Un buen ejemplo de alimentación para trabajadores es el caso de la construcción de obras de infraestructura hidroeléctrica en Costa Rica. Por razones de logística y accesibilidad, el Instituto Costarricense de Electricidad establece campamentos para albergar a los trabajadores que ejecutan las obras en sitios alejados de las poblaciones. Las dietas son balanceadas y las cantidades adecuadas para satisfacer las necesidades alimentarias; además, los alimentos se preparan bajo condiciones controladas de higiene y se llevan hasta el lugar de operaciones. Otro buen ejemplo en el campo forestal es el de la Empresa Hermanos Úbeda (certificada por el FSC) en La RAAN, Nicaragua, donde los campamentos están bien acondicionados y la alimentación cumple con las condiciones adecuadas.

Además de la cantidad y calidad de la comida, también es importante la distribución de la misma a lo largo del día. Para trabajos pesados la recomendación es distribuir la ingesta en cuatro o cinco comidas diarias, para no entorpecer el proceso digestivo. La mayoría del gasto de energía ocurre durante el día, cuando uno está trabajando y por eso es preferible comer más en la mañana y menos al atardecer.



11.2.2 Agua

En condiciones tropicales, los trabajadores forestales sudan mucho por el calor y el trabajo fuerte. Esa pérdida de líquido tiene que ser compensada; si no, el pulso aumenta significativamente, el trabajador se deshidrata, se fatiga rápidamente y, en consecuencia, la productividad baja. Por lo general, no es suficiente con tomar agua cuando tenemos sed, pues la sed subestima las necesidades de agua del cuerpo. En un trabajo pesado a altas temperaturas se pueden perder 1000 gramos de sudor por hora. Con una pérdida de 500 gramos por hora, en total se perderían más de 4000 gramos por día, que deben ser repuestos con la misma cantidad de agua (Apud *et al.* 1999). Wästerlund (2001) recomienda para un trabajo forestal pesado en sitios con temperaturas altas, una cantidad de por lo menos 5 litros de agua por día.

El uso de diferentes tecnologías también puede afectar el consumo de agua. En un estudio comparativo de dos sistemas de aserrío *in situ* en Honduras, Dubon (1996) encontró que los trabajadores consumieron hasta tres veces la cantidad de agua por metro cúbico de madera aserrada con el sistema convencional (sierra de viento) que con el sistema de motosierra con marco. El consumo de agua también fue mayor al aserrar árboles grandes que árboles pequeños con ambos métodos.

En la mayoría de las zonas rurales de los países tropicales, la calidad del agua es pobre, ya que se extrae de ríos o quebradas sin ningún control. A simple vista se pueden detectar gran cantidad de residuos disueltos; además, el sabor varía a causa de las impurezas. El lavado de alimentos, utensilios y la preparación de los alimentos, principalmente bebidas, con aguas contaminadas provoca que los trabajadores se infecten de parásitos que se manifiestan de inmediato con diarreas, y a mediano y largo plazo con complicaciones mayores. Si el agua es de mala calidad, se debe tomar medidas de precaución como hervirla o aplicar cloro u otro producto de purificación.

Tomar bebidas alcohólicas debería ser prohibido antes y durante el trabajo. El alcohol afecta el cerebro, disminuye la velocidad de reacción y produce cansancio. En consecuencia, la producción disminuye y aumenta el riesgo de accidentes. El alcohol tiene poco valor nutritivo y produce deshidratación (FAO 1993).

11.2.3 Campamento

La mayoría de las operaciones forestales se realizan lejos de centros urbanos; por eso los trabajadores tienen que quedarse fuera de sus casas, en campamentos ubicados cerca de las áreas de trabajo. Si se trata de unas pocas noches, los campamentos pueden ser sencillos y provisionales, pero lo más común es que los trabajadores tengan que quedarse por un tiempo largo (como toda la temporada de verano que significa de 3 a 4 meses). En este caso, se debe poner mucha atención a las condiciones del campamento. Como hogar temporal de los trabajadores, el campamento debe asegurar niveles mínimos de higiene y comodidad; debe ofrecer condiciones de vida acordes a las necesidades básicas de un ser humano –si no es difícil lograr que los trabajadores estén saludables y motivados para trabajar bien; debe garantizar protección contra la lluvia, el viento, el sol y los insectos y animales del bosque; debe ofrecer buenas condiciones para dormir, descansar, cocinar, comer y lavar y debe tener agua y servicios higiénicos.

Un estudio de 42 campamentos forestales realizado en Chile en 1980 demostró que 41 de ellos no cumplían con los requisitos mínimos de higiene y comodidad.



A cargo de la cocina debe estar alguien que sepa cocinar y conozca bien de higiene y manipulación de alimentos, para evitar infecciones y enfermedades y ofrecer a los trabajadores una alimentación nutritiva, suficiente, servida en utensilios apropiados y con buen sabor. El comedor puede servir también como un lugar de recreación.

La solución más práctica para el tratamiento de basura es el enterramiento, pero los materiales no degradables, como productos plásticos o metálicos, se deben llevar a un lugar donde haya servicio de recolección de basura.

Los campamentos también deben poseer por lo menos un botiquín de primeros auxilios, preferiblemente con suero contra mordeduras de serpientes; por lo menos una persona en el campamento debe haberse entrenado en técnicas de primeros auxilios. En empresas de mayor tamaño uno puede pensar en un puesto de primeros auxilios y visitas frecuentes de un médico. En Brasil, por ejemplo, la empresa certificada Mil Madeireira envía un médico al sitio de aserrío frecuentemente y paga hasta 65% del costo de las medicinas recomendadas por el médico (FAO 1997b).

En el Recuadro 11.2 se analizan los campamentos que comúnmente se encuentran en Centroamérica.

Recuadro 11.2

Características de campamentos en Centroamérica

En los países centroamericanos, la calidad de los campamentos levantados para las actividades de aprovechamiento e inventarios forestales es muy variable. La mayoría de los campamentos se ubican en lugares cercanos a fuentes de agua; sin embargo, no cumplen con condiciones mínimas: la infraestructura es rústica, con postes de madera rolliza como soportes verticales y horizontales, entre los cuales se tienden plásticos que sirven de techo; en ocasiones, el techo se hace con hojas de palma y/o láminas de metal (zinc); no hay paredes que brinden protección lateral; en el interior se tienden las hamacas para dormir, en muy pocas ocasiones se construyen camas y mesas para mayor comodidad. El piso es de tierra, por lo que hay grandes problemas de humedad.

La cocina se construye generalmente separada de los dormitorios. También es una estructura sencilla, sin paredes, techo de plástico u hojas de palma y sin piso. En su interior se construye la cocina o fogón sobre el suelo directamente, lo que causa dificultades al colocar las ollas u otros utensilios; además, quien cocina debe estar en posiciones incómodas (agacharse constantemente); no se cuenta con mesas ni sillas, y si las hay, son muy rústicas; no se construye un sistema de riego para llevar agua hasta la cocina; para lavar los utensilios se colocan recipientes con agua sobre algunas tablas, las cuales sirven de fregadero y pila de lavado.

Los baños y servicios sanitarios (letrinas) brillan por su ausencia. El río o quebrada más cercana sirven para lavarse, y las necesidades fisiológicas se hacen en cualquier lugar.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Desde luego que en condiciones así, las dificultades son muchas: el sueño no es lo bastante reparador pues en hamaca no se descansa igual que en una cama; el plástico puede romperse con la caída de ramas, en consecuencia, hay goteras o entradas de agua cuando llueve; como no hay paredes, el viento penetra y arrastra humedad; no hay privacidad; el suelo expuesto ocasiona suciedad, inestabilidad e incomodidades cuando se encharca; no hay comedor (mesa y sillas), comer en esas condiciones no es agradable ni sustentador. La ausencia de baños y servicios sanitarios es un gran inconveniente, principalmente durante la noche; en ocasiones, conseguir agua limpia implica desplazarse largas distancias, entonces se hecha a mano al agua más cercana, aún si se sabe que está contaminada; en verano, el agua tiende a escasear y hasta a agotarse.

Desde luego que también hay campamentos con condiciones regulares, buenas y hasta excelentes. Por ejemplo, hay campamentos dentro del bosque que cuentan con sistemas habitacionales previamente fabricados y llevados hasta el bosque con remolque; estos sistemas tienen dormitorios con camas, closet, mesas y sillas; baños debidamente equipados con servicio sanitario y agua, oficina con escritorio, estantes y silla. La cocina está bien equipada y se cuenta con salas de descanso y recreación, así como bodegas techadas donde se guardan equipos para el secado de ropa u otros.

También hay buenos campamentos que se construyen en el sitio con todas las facilidades necesarias; desde luego que para ello debe haber buenas condiciones de acceso para llevar los materiales y equipo de construcción. Generalmente este tipo de campamentos son construidos por dueños o empresas con objetivos de manejo forestal a mediano y largo plazo, y que tienen los recursos suficientes como para una inversión de ese tipo.

11.2.4 Clima

En muchas partes del neotrópico, el clima para trabajos físicos pesados es desfavorable: cálido, húmedo y poco ventoso. Esas condiciones pueden causar fatiga, calambres, sofoco, agotamiento, deshidratación, irritación, disminución del estado de alerta y concentración, aumento de las decisiones erróneas, estrés; todo esto trae como consecuencia la reducción del rendimiento. Apud *et al.* (1999) demuestra que el rendimiento disminuye al aumentar la temperatura; además, la frecuencia cardíaca aumenta significativamente y con el sudor se pierde gran cantidad de agua y sal. Por eso, se deben tomar pausas frecuentes, consumir mucha agua y reemplazar la sal perdida.

En la década de 1980, la universidad de Auburn, Alabama, junto con el Servicio Forestal de los Estados Unidos realizó un programa de investigaciones ergonómicas, cuyo objetivo fue incrementar la productividad de las actividades de aprovechamiento forestal. Por la semejanza de condiciones ambientales de esta región con las zonas tropicales húmedas, mencionamos un estudio que realizaron sobre la fatiga fisiológica -medida por el nivel del ritmo cardíaco- causada por el calor durante las actividades de extracción. Los datos obtenidos indican que todas las actividades tienen exigencias fisiológicas iguales o superiores a los valores máximos generalmente considerados como tolerables. Los resultados en cuanto al calor, obtenidos de más que 2000 datos, indican que la productividad en las actividades de aprovechamiento baja en un 5 a 15% cuando la temperatura supera los 25°C.

Condiciones laborales en el aprovechamiento forestal



Los taladores, que son los trabajadores más expuestos al sol, olvidaban con mayor frecuencia las medidas de seguridad cuando hacía mucho calor (Smith y Thomas 1993). La OIT (1979) presenta cifras que indican lo mismo: con una humedad de 100% y una temperatura de 25°C, la capacidad de trabajo sobre reposo es 4 kcal/min; con la misma humedad y 30°C, la capacidad de trabajo es 1,5 kcal/min y con 35° la capacidad de trabajo sobre reposo es cero; es decir, no se puede realizar ninguna labor física.

Por el calor, muchos trabajadores se quitan el casco y otros aditamentos de protección, lo que los expone a accidentes en la cabeza y otras partes del cuerpo. Por eso, es preferible usar cascos con rejillas de ventilación.

Medidas que se deben tomar en condiciones calurosas:

- Organizar bien el horario de trabajo; por ejemplo, programar un descanso o trabajar en lugares más frescos y con sombra durante las horas de máximo calor, hacer las tareas pesadas en la mañana cuando el aire es más frío, tener períodos frecuentes de descanso.
- Tratar de reducir la carga física de trabajo.
- Ajustar los métodos de trabajo.
- Usar vestimenta que proteja del calor y permita la entrada de aire (se recomienda ropa suelta y liviana, de colores claros y preferiblemente de algodón).
- Tener agua para tomar al alcance.
- Construir refugios o hacer uso de la sombra natural (dejando algunos árboles en los patios de acopio, por ejemplo).

En el caso de condiciones de humedad extrema, como cuando las precipitaciones son altas y frecuentes, es recomendable suspender las actividades ya que los equipos se pueden dañar, la inestabilidad es mayor y la visibilidad y capacidad de escuchar son menores.

11.2.5 Jornada de trabajo

Por los largos recorridos hasta los sitios de aprovechamiento y el tipo de labores que el trabajador forestal desempeña, después de unas horas de trabajo se presentan diferentes síntomas de fatiga: dolores musculares en la espalda, brazos y manos, cansancio general, molestias en los ojos, estrés, monotonía, calor u otras. Con la fatiga, disminuye la concentración y la producción, y aumenta el riesgo de accidentes y de cometer errores.

Para evitar la fatiga excesiva, la jornada de trabajo para trabajos fuertes en condiciones tropicales no debería ser mayor a seis horas. Es importante, por seguridad, salud, eficiencia en el trabajo y legislación social, dar por lo menos, un día libre a los trabajadores; es decir, que no se debe trabajar más de seis días por semana. Trabajar demasiadas horas y días en estas condiciones se relaciona estrechamente con enfermedades y accidentes (Strehlke 1987, FAO 1993, Apud *et al.* 1999).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Desafortunadamente, las actividades de aprovechamiento forestal en Centroamérica, por lo general, no cumplen con las regulaciones mencionadas a causa de que:

- se debe aprovechar al máximo la época seca (verano)
- no se tiene personal de relevo
- se realizan los trabajos bajo la modalidad de contratos, con lo cual el personal labora por periodos prolongados
- los equipos sufren averías y requieren de repuestos y tiempo para ponerlos nuevamente a trabajar

Por otra parte, la idea generalizada de que el aprovechamiento es una tarea dura que exige largas y arduas jornadas fomenta una forma de trabajo poco adecuada que no respeta la salud e integridad física del trabajador, sino que pretende un rendimiento máximo en el poco tiempo disponible.

Para la recuperación física, las pausas cortas y frecuentes son mejor que las pausas largas y menos frecuentes. Al contrario, las pausas largas son necesarias para descansar del ruido y las vibraciones (Becker 1987). En las pausas largas, los trabajadores tienen mejores posibilidades de hablar y interactuar entre ellos; por eso, es preferible una combinación de pausas cortas y largas. Varios estudios han demostrado que es económicamente conveniente dar pausas de descanso bien planificadas ya que tienen un efecto positivo en la eficiencia y el rendimiento; es decir, que compensan el tiempo de trabajo 'perdido'. Además, las pausas se pueden usar para dar mantenimiento al equipo y a las herramientas para que estén en buenas condiciones. Cambiar de actividad, como en una rotación de trabajos, también reduce la fatiga (FAO 1993, ver también subcapítulo 11.5).

11.2.6 Sobrecarga física y posiciones de trabajo

Con mucha frecuencia el trabajo forestal genera malas posiciones de trabajo y carga de peso excesivo, especialmente en la tala de los árboles y el carguío y transporte de madera. La sobrecarga física causa varios tipos de molestias que afectan el rendimiento del trabajador y, a largo plazo, producen dolencias intensas y enfermedades del sistema músculo-esquelético. Dolores de espalda y del hombro son muy comunes entre los trabajadores forestales, especialmente entre los operarios de motosierra. Tal vez, el dolor no se nota inmediatamente sino al cabo de cierto tiempo. Una encuesta en Alemania reveló que al cabo de diez años de trabajo casi la mitad de los operarios tenían dolor de espalda y, entre los de mayor edad, la proporción subía a 2/3 (Sabel 1986 en Poschen 1993).

La demanda actual por motosierras con marco para aserrío *in situ* en la costa norte de Honduras (ver Capítulo 9) se debe particularmente a que muchas personas que antes aserraron con la motosierra pero sin el apoyo del marco se quejaron de dolores de espalda y brazos, causados por el peso, las vibraciones y las malas posturas. El marco permite que la motosierra descansa sobre la misma troza que se asierra, así se reduce el peso que hay que sostener, se amortiguan las vibraciones y se mejora la posición del operario.

Hasta el 2000 y 2001 respectivamente, en Honduras y Nicaragua era prohibido usar la motosierra y por eso se aserraba con sierra de viento, la cual es muy pesada y difícil de manipular.



Otro aspecto en el que influyen las malas posiciones es el gasto de energía. Sabemos que la mayoría de los trabajadores forestales en Centroamérica sufren de malnutrición y su escasa energía la gastan en malas posiciones de trabajo. Es evidente que tenemos que mejorar el conocimiento sobre buenas técnicas de trabajo y mejorar el acceso a herramientas que favorezcan mejores posiciones y alivien el trabajo. En otras palabras, mejores herramientas y mejores posiciones significa un gasto físico y energético menor.

Los factores “biomecánicos” que determina la carga física son:

- El peso y forma de carga
- La posición de la carga
- La postura que adopta el cuerpo durante la operación de carga
- El número de veces que se efectúan las tareas de levantamiento de carga
- La velocidad con que se realiza el movimiento de carga

La sobrecarga afecta a todo el cuerpo, pero en especial a la columna vertebral. Para que el impacto sea menor, la columna debe permanecer lo más recta posible y el desplazamiento del cuerpo junto con la carga debe efectuarse mediante la flexión y extensión de las piernas. Para fortalecer la musculatura que sostiene la columna vertebral es recomendable hacer ejercicios abdominales y dorsales.

El trabajo se debe organizar de manera tal que se garanticen las pausas necesarias y la rotación en las tareas y, en la medida de lo posible, mecanizar los trabajos más pesados. Por ejemplo, levantar una troza de 70 kg (aproximadamente 2,5 m de largo y 0,2 m de diámetro) equivale a una compresión en los discos de la columna de 1070 kg. El peligro para el sistema músculo-esquelético es obvio, por lo que definitivamente se debería eliminar este tipo de labor manual (Apud *et al.* 1999).

11.2.7 Ruido y vibración

La maquinaria usada en el aprovechamiento forestal produce ruido y vibración a niveles dañinos para la salud, pero lamentablemente esos problemas son desdeñados en nuestra región. La razón puede ser que los efectos, excepto el cansancio, no se muestran de inmediato.

Las motosierras y gran parte del equipo mecanizado producen ruidos que superan el nivel que se puede tolerar sin perjuicio para el oído. Por ejemplo, una conversación normal produce un ruido de 60 dBA², y un grito fuerte a un metro de distancia, 80 dBA (FAO 1993). Las convenciones internacionales establecen que un ruido de 85 dBA es el máximo tolerable sin protección de oídos para una jornada de ocho horas. En un estudio en São Paulo, Brasil y otro en Zambia se encontró que todas las máquinas forestales tienen un nivel de ruido superior al límite (Fielder *et al.* 2001; Staal Wästerlund y Kufakwandi 1993, respectivamente); de hecho, la motosierra puede alcanzar niveles de 100 a 110 dBA (FAO 1993, Apud *et al.* 1999).

² dBA=decibelio, unidad estandarizada para medir sonidos. La voz mediana tiene una intensidad de 55 dBA



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Un estudio en Nueva Zelanda detectó que al cabo de 15 años de trabajar con motosierra en el bosque, la mitad de los obreros tenían problemas de escucha (McFarlane 1989 en Poschen 1993). Después de 10-15 minutos de exposición al ruido de la motosierra, el obrero está en peligro de sufrir daños en el oído; por eso debería usar protectores auditivos, tomar varios descansos durante la jornada y, si es posible, cambiar de actividad de vez en cuando.

El ruido excesivo no sólo trae efectos físicos, como la sordera, sino también efectos psicológicos, como irritación, estrés y dificultad para concentrarse y mantener la atención (Becker 1987). Según Apud *et al.* (1999), la sobre-exposición al ruido produce los siguientes efectos:

- Pérdida de audición
- Trastornos fisiológicos
- Efectos en la salud mental
- Efectos en la comunicación verbal
- Alteración del desempeño
- Cansancio o fatiga
- Dolores de cabeza
- Dificultades para dormir

La exposición a las vibraciones puede ser parcial o total. La exposición total causa incomodidad y disminución del rendimiento, así como una serie de síntomas físicos entre los que se incluyen náuseas y microfracturas de los huesos. La exposición parcial de manos y brazos es la más peligrosa. En los climas templados, los motosierristas sufren de la enfermedad de “dedos blancos”, inducida por la vibración. Las manos pierden sensibilidad, la circulación sanguínea se dificulta y se presentan dolores intensos. Esta enfermedad se manifiesta especialmente cuando hay cambios repentinos de temperatura (Bostrand *et al.* 1986, Wu 1986 en Strehlke 1993, Apud *et al.* 1999). Antes se creía que la enfermedad no ocurría en climas tropicales, pero hoy día no hay duda de que también aquí es un problema.

Según Apud *et al.* (1999), los efectos por exposición a la vibración son:

- Dolor en diferentes partes del cuerpo
- Dificultad para respirar
- Tensión muscular
- Dolores de cabeza
- Daños al sistema músculo-esquelético

El diseño de los equipos (motosierra, *skidder*, tractor) es determinante en el control del ruido. Si uno tiene la opción de escoger, hay máquinas que producen menos ruido y vibración. En un estudio de Rummer, Smith y Stokes 1985 (en Smith y Thomas 1993) se comparó la exposición a vibraciones y ruidos causados por motosierras monocilíndricas y bicilíndricas. Los resultados mostraron que el modelo bicilíndrico tenía un menor nivel de vibraciones. Se calculó el periodo durante el cual hay un 50% de probabilidad de que se acumulen daños en el cuerpo y se dedujo que, con cuatro horas diarias de uso de motosierra bicilíndrica, el periodo sería de 26 años, y menos de 12 años para la monocilíndrica. El nivel de ruido también fue menor con la motosierra bicilíndrica, pero solamente a velocidad constante.



Para evitar daños graves causados por el ruido y la vibración uno debe:

- Establecer un límite diario de exposición
- Reducir la fuente de vibración y ruido (diseño, mantenimiento)
- Implementar la rotación en el trabajo
- Usar equipo de protección personal, como protectores auditivos y guantes
- Minimizar la producción de ruido y no quitar el escape o mufla
- Dar buen mantenimiento a la maquinaria.

Entre los elementos más comunes del equipo de protección personal están los guantes, que ayudan a reducir la vibración y protegen de lesiones en las manos, y los protectores auditivos, que no deben presionar demasiado las orejas para que no molesten. Aunque los motosierristas son los más expuestos al ruido, quienes trabajan cerca de ellos, como hacheros, arrastradores y ayudantes, también están expuestos y deben usar protectores auditivos.

11.2.8 Sobrecarga mental

Para que sea gratificante, el trabajo debe ofrecer retos mentales; si no los tiene, subutilizamos nuestra capacidad mental y nos sentimos incómodos, molestos y estresados. Por el contrario, un trabajo que implica demasiados retos mentales, nos lleva a sobreutilizar nuestras capacidades y también causa estrés y reduce la capacidad de atención y concentración. El trabajo forestal significa básicamente un esfuerzo físico, pero también demanda un cierto esfuerzo mental.

En un trabajo que requiera estar vigilante se deben tomar 15 minutos de descanso cada hora para no disminuir la concentración (Apud 1999).

Los factores que afectan la capacidad mental en el aprovechamiento forestal son:

- La obligación de mantener un alto nivel de alerta por largos periodos
- Las tareas de alto riesgo y peligro vital
- El tener que tomar decisiones para lograr el mejor resultado, de manera rápida y eficiente y con el menor impacto en el bosque y menor riesgo para uno mismo y los compañeros
- La obligación de suplir materia prima en condiciones de urgencia
- Las obligaciones financieras con el personal y los equipos
- Las condiciones ambientales adversas, como ruido, iluminación, temperatura
- La falta de contactos personales (familia, amigos)
- La monotonía

La sobrecarga mental provoca fatiga, estrés y trastornos nerviosos, reduce la capacidad de atención y concentración, disminuye el rendimiento y aumenta el riesgo de accidentes.

Entre los factores que favorecen el bienestar mental están los siguientes:

- Buenas relaciones entre los miembros del grupo de trabajo
- Buena organización
- Participación en la toma de decisiones
- Control sobre el ritmo de trabajo
- Satisfacción con el trabajo y con las condiciones de vida



11.2.9 Otros factores que afectan la salud

Incendios

Los incendios forestales ocurren con frecuencia en nuestra región. Los incendios causan pérdidas de bosque y daños a las inversiones y equipos usados en las labores forestales. Además, ponen en peligro la salud y el bienestar de quienes viven y trabajan en el bosque. El riesgo de incendios se puede disminuir con las siguientes medidas:

- Crear conciencia entre los trabajadores de los peligros de botar cigarrillos y fósforos sin asegurarse de que estén apagados, particularmente durante la época seca.
- Evitar el uso de fuego durante la cacería.
- Si es absolutamente necesario hacer un fuego, buscar un sitio seguro y mantener un control estricto.
- Evitar que los motores se sobrecalienten y, si ocurriera, no dejar maquinaria con motores calientes en sitios donde hay material inflamable.
- Tener control de los materiales inflamables y explosivos.

Exposición a gases

Las motosierras emiten gases como CO, HC y CO₂. El CO es tóxico, por eso cuando se está trabajando con la motosierra se deben tomar pausas frecuentes para no exponerse demasiado a los gases. El buen mantenimiento de los equipos también reduce la emisión de gases tóxicos.

Insectos, animales, plantas

En el bosque tropical húmedo hay cantidades de insectos, animales y plantas que pueden causar daños a los trabajadores. Es conveniente conocer bien la fauna y flora de la región y tomar las medidas apropiadas para no ponerse en peligro. Por ejemplo, usar mangas largas, pantalones gruesos y botas altas; usar mosquiteros durante la noche, y mantener la higiene en el campamento y en la preparación de la comida. Las serpientes venenosas constituyen una de las amenazas más frecuentes para los trabajadores forestales. En el Recuadro 11.3 se presentan algunas precauciones a considerar para evitar accidentes de mordeduras de serpientes y los primeros auxilios a tomar en cuenta en caso de enfrentar un problema de mordedura.



Recuadro 11.3

Mordeduras de serpientes

Precauciones

Algunas de las precauciones que pueden ayudar a evitar accidentes de mordeduras de serpientes son:

- Usar botas de hule o cuero.
- No meter las manos ni los pies en árboles huecos; utilizar instrumentos de madera en forma de gancho para eliminar escombros.
- No matar las serpientes indiscriminadamente porque se altera el equilibrio ecológico natural; más bien, hay que reforzar la preservación de animales depredadores, como las serpientes no venenosas y aves de rapiña.
- Incluir suero antiofídico en el equipo de primeros auxilios.

Primeros auxilios

En caso de enfrentarse a un problema de mordedura de serpientes, deben seguirse las siguientes instrucciones generales:

- Ponga al paciente en reposo lo más pronto posible, tratando de inmovilizar la extremidad mordida.
- Quítele cualquier torniquete que se le haya hecho.
- No le suministre bebidas alcohólicas ni medicamentos.
- No intente extraer el veneno con la boca de los orificios que dejaron los colmillos de las serpientes. No haga incisiones en ese sitio pues podría causar una hemorragia severa.
- Traslade al paciente al hospital más cercano aunque se le haya aplicado el suero antiofídico.
- Use el suero solamente cuando tenga seguridad de que la mordedura fue hecha por serpiente venenosa y hay síntomas de envenenamiento. Considere el uso de suero fuera del hospital solamente si el centro de salud más cercano queda a más de cuatro horas.
- Para valorar el caso, tome en cuenta los síntomas reales, como dolor intenso, hinchazón, hemorragia, ennegrecimiento de la zona mordida (en mordeduras del género *Bothrops*: toboba, barba amarilla), o caída de párpados y dificultad respiratoria (en mordedura de corales).

Tomado de Chávez *et al.* 1996



En esta sección hemos:

- Tratado los aspectos que más afectan la salud y las condiciones de vida y de trabajo de los trabajadores forestales:
 - Alimentación
 - Agua
 - Campamento
 - Clima
 - Jornada de trabajo
 - Sobrecarga física y posiciones de trabajo
 - Ruido y vibración
 - Sobrecarga mental
 - Otros factores (incendio, exposición a gases, insectos, animales, plantas)

11.3 Seguridad laboral

La actividad forestal, y la tala en particular, siempre ha sido una actividad peligrosa; hoy día sigue figurando entre las tres actividades más peligrosas en casi todos los países del mundo, junto con la minería y la construcción (OIT 1997). Cada año, miles de trabajadores forestales mueren, son heridos o quedan mutilados en accidentes provocados por falta de medidas de seguridad y el peligro inherente a las tareas de tala.

Afortunadamente, la actitud está cambiando y se acepta que las inversiones en seguridad son rentables. También, cada vez menos gobiernos y empresas toleran que ocurran accidentes mortales en el sector. Muchos países integran ahora en su código nacional de prácticas forestales los aspectos de productividad, medio ambiente y seguridad (Poschen 1997). Los “Estándares y procedimientos para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica” incluyen principios, criterios e indicadores sobre la salud y seguridad de los trabajadores (ver Recuadro 11.1).

Un trabajador forestal está tres a cuatro veces más expuesto a accidentes que un agricultor (OIT 1981 en Poschen 1993), y la incidencia y la tasa de mortalidad de los accidentes es entre dos y tres veces mayor que en otros sectores industriales. En los Estados Unidos, por ejemplo, el peligro de sufrir un accidente fatal en 25 años de actividad es uno por cada 20 trabajadores forestales (OIT 1997). Entre 1998 y 1999, el sector forestal presentó la mayor tasa de mortalidad en comparación con otras industrias en los Estados Unidos (Blombäck 2001). En ese país, los madereros tienen una tasa de mortalidad de 193 defunciones/100.000 trabajadores, lo que representa más de 34 veces la tasa de todo el sector privado (Myers y Fosbrike 1995 en Poschen 1997). En Nueva Zelanda, solamente el aprovechamiento forestal representa el 25% de todos los accidentes ocupacionales fatales (Poschen 1997).

Accidentes fatales en aprovechamiento forestal:

320/100.000 trabajadores en Malasia, 1978; 111/100.000 en Chile, 1979; 81/100.000 en Québec, Canadá, 1976; 40/100.000 en Finlandia, 1976 - 1980 (OIT 1985).

Condiciones laborales en el aprovechamiento forestal

No hay muchas estadísticas de los países tropicales, pero debido a que las condiciones de vida y de trabajo son más duras, la capacitación es insuficiente y la maquinaria muchas veces está en mal (y más peligroso) estado es probable que los accidentes sean aún más graves y frecuentes. En Malasia en un periodo de tres años, los accidentes relacionados con el trabajo forestal mataron o dejaron permanentemente incapacitados a uno de cada ocho trabajadores; algunas grandes compañías de explotación tienen tasas de accidentes fatales de hasta 14 muertos por millón de metros cúbicos de madera extraída (Blombäck 2001). Sin embargo, algo se habrá avanzado en cuanto a la seguridad, pues en 1967 el OIT afirmaba que esa cifra en países subdesarrollados era de 25 (Axelsson 1995). En Chile, entre 10 y 15% de los trabajadores forestales sufren accidentes serios cada año (Kaimowitz 2002).



En Sarawak, Malasia se registró un accidente mortal por cada 150.000 m³ madera extraída entre 1977- 1984 (Strehlke 1993).

11.3.1 Tipos de accidentes

Entre las actividades forestales, la tala y el troceado provocan alrededor del 70% de los accidentes y prácticamente la mayoría de las muertes de trabajadores (OIT 1997). La motosierra es una de las herramientas más peligrosas jamás inventadas, lo que hace que el motosierrista sea el trabajador más expuesto a accidentes; cortes y heridas abiertas son las lesiones más frecuentes que provoca, pero también puede causar sordera por el ruido y dolencias por efecto de las vibraciones (ver Acápita 11.2.7).

Los tipos de accidentes más comunes en el aprovechamiento forestal son: colisión, golpe, prensado, caída, resbalones, exposición a temperaturas extremas, inhalación o ingestión de sustancias tóxicas y golpes eléctricos.

11.3.2 Causas de accidentes

Aunque la información sobre accidentes en nuestra región es escasa, hay cifras que muestran que en países tropicales la tasa de accidentes es aproximadamente diez veces mayor que en países industrializados (Dembner 1993). Según FAO (1993), las principales razones son las siguientes:

- Por lo general, los trabajadores no han sido capacitados.
- El personal encargado del aprovechamiento tiene poca conciencia de los riesgos que corren.
- Los trabajadores no disponen de equipo de protección personal, o no lo usan porque es incómodo para las condiciones húmedas y calientes de los bosques con mucho sotobosque, típicas del trópico.
- Las motosierras, máquinas, equipos y herramientas no reciben el mantenimiento adecuado.
- Las motosierras, máquinas, equipos, herramientas y métodos de trabajo no son diseñados (ni apropiados) para las condiciones del trópico.
- En el sitio de trabajo no se cuenta con equipo de primeros auxilios.
- Las distancias hasta los centros de salud son largas y los medios de transporte inadecuados.
- Los trabajadores padecen de desnutrición y las condiciones sanitarias son precarias.
- Por lo general, el clima es húmedo y cálido.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- Las dimensiones de los árboles son mayores que en otras latitudes.
- Las lianas forman densas marañas que dificultan el trabajo.
- Hay gran densidad de árboles pequeños.
- Los terrenos son escarpados e irregulares.
- El trabajo se contrata a destajo (a más árboles talados, mayor pago recibido).

Entre las causas de accidentes también se señala la falta de cooperación entre trabajadores y empleadores en cuanto a la prevención de accidentes mediante, por ejemplo, comités de seguridad. Una causa de accidentes frecuentes en la región centroamericana es la forma de remuneración a los motosierristas, quienes reciben un sobresueldo por volumen adicional cortado a partir de un tope dado. En ese volumen adicional no se toman en cuenta la calidad de la madera cortada, ni los daños causados a la vegetación remanente. Evidentemente, la velocidad de la tala es mucho más importante para el motosierrista que el método de tala y las precauciones. En consecuencia, el motosierrista disminuye a un mínimo los tiempos de descanso, trabaja bajo condiciones climáticas difíciles y descuida las medidas de seguridad para alcanzar un volumen mayor que el tope y aumentar sus ingresos.

Una empresa forestal en Nicaragua tenía como tope la corta de 20 árboles/día por equipo de motosierrista y ayudante; cada equipo podía cobrar un sobresueldo por árbol cortado por encima del tope. En muchos casos, la producción superaba los 30 árboles por día, pero también se incrementó el número de accidentes y el volumen de madera desperdiciada por cortes incompletos. Esta forma de pago es recomendable sólo si se acompaña de medidas de seguridad, supervisión y control.

Las máquinas y equipos son herramientas que buscan facilitar el trabajo al hombre. Si bien es cierto que con ellas disminuye la carga física y el número de accidentes, también es cierto que la gravedad de los accidentes es mayor. Así, por ejemplo, el reemplazo del hacha por la motosierra, o de los tractores por helicópteros, ha mejorado las condiciones de trabajo pero los accidentes ocasionados son mucho más graves.

En el aprovechamiento forestal, la motosierra es la herramienta más peligrosa. En Suecia, alrededor de 1970 había muchos accidentes con motosierra, la mayoría debido al efecto de rebote (*kick-back*); además, el 47% de los motosierristas sufrían de dedos blancos. Después de varios estudios, se cambió el diseño de la motosierra y se mejoró la forma de trabajar; a finales de la década de 1970, el número de accidentes había disminuido en un 85%, así como la proporción de quienes sufrían de dedos blancos (Pettersson 1987). El problema es que, aunque las nuevas motosierras sean más seguras, en muchos países del neotrópico no hay acceso a las nuevas tecnologías; en general, se venden y usan modelos de motosierras obsoletas que no cumplen con las normas de seguridad imperantes en países industrializados (Strehlke 1987). Por otra parte, si las motosierras vienen con freno de emergencia para evitar justamente el efecto de rebote, muchos operarios lo eliminan “por comodidad”, pues lo consideran un aditamento inútil ya que “el efecto de rebote sólo le pasa a motosierristas inexpertos”.

Otro problema del diseño de la maquinaria y también del equipo protector personal es que ha sido desarrollado para las condiciones climáticas de los países industrializados en Norteamérica o Europa, y aunque cumplen con las normas de seguridad allá, no son apropiados para las condiciones de trabajo y para los trabajadores en países tropicales.

Los accidentes con motosierra en Suecia han disminuido en 30% en los últimos 20 años debido al incremento de la mecanización y un mayor nivel de seguridad (Axelsson 1995).



11.3.3 Consecuencias de los accidentes

Un accidente ocasiona pérdidas al trabajador, a su familia y a la empresa: incapacidad para trabajar, reducción de los ingresos, costos por atención y tratamientos médicos, compensaciones por lesiones, disminución de la producción por demoras, ausentismo y entrenamiento de quien reemplaza al obrero accidentado, reparación del equipo, repuestos. Un accidente también causa desmotivación entre el grupo, y este ambiente negativo puede permanecer durante algún tiempo, lo que implica más pérdidas en la producción. Al igual que este último, muchos de los costos son indirectos y por eso no son fáciles de evaluar. Un estudio de Malasia proporciona datos que sugieren que los costos indirectos de la falta de seguridad pueden ser hasta seis veces mayores que los costos directos (Manikan 1985 en Blombäck 2001).

11.3.4 Medidas para la prevención de accidentes y control

Hay mucho que hacer para prevenir accidentes en el aprovechamiento forestal; entre las principales medidas que se deben tomar están las siguientes:

- Establecer **normas de seguridad claras** y asegurarse de que todos los trabajadores las conozcan.
- Estimular el uso de **equipos de seguridad**. Hay peligros en la naturaleza del trabajo de aprovechamiento forestal que no se puede eliminar con capacitación, buena organización y buenos métodos de trabajo. No es suficiente con evitar los accidentes; hay que prevenirlos y estar preparados para disminuir su gravedad con el uso de equipo adecuado como casco, guantes, pantalones, zapatos/botas, protector de vista, protectores de oído (tapones desechables o no desechables, fonos u orejeras (los fonos son más efectivos, pero también más incómodos en climas cálidos y húmedos)). Los jefes, supervisores o responsables del aprovechamiento deben supervisar el uso del equipo de seguridad, dar buen ejemplo a los demás y usar siempre el equipo personal de seguridad adecuado.
- Tener **nociones básicas sobre primeros auxilios y contar con un botiquín** en el sitio. El botiquín debe contener alcohol, apósitos, antifebriles, antidiarreicos, gasa esterilizada en apósitos y vendas, tela adhesiva de distintos grosores, desinfectantes líquidos y en polvo, antibióticos, bolsas de hielo y de agua caliente, frazada de abrigo, sábana para transporte, gotas oftálmicas estériles, baja lenguas, elementos para entabladuras, oxígeno medicinal y tijeras. Los conocimientos adquiridos sobre primeros auxilios deben ser actualizados cada dos o tres años.
- **Respetar los aditamentos de seguridad que los equipos traen**. Por ejemplo, en Centroamérica es común que se quite el freno de emergencia de la motosierra para poder talar cómodamente los árboles en diferentes posiciones, o usar los tractores sin la cabina que protege al conductor.
- **Capacitar al personal** de manera adecuada para garantizar el desempeño correcto y seguro de las tareas. Hay que dominar las técnicas, entender por qué las labores se ejecutan de determinada forma y por qué se debe usar equipo de protección personal.

En América Central, los sitios de aprovechamiento forestal están lejos de los centros de salud y por eso es muy importante prevenir accidentes y enfermedades.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- **Organizar las tareas adecuadamente**, en particular si se trabaja con equipo sofisticado en operaciones de alta producción. Por ejemplo, los tractores no deben ingresar a las áreas en donde hayan cuadrillas de corta trabajando. Aún en operaciones de pequeña escala se puede mejorar la seguridad del trabajo con una buena organización. En Guatemala se observó a dos equipos trabajando muy cerca uno del otro; ambos usaban motosierra con marco para las cortas principales de aserrío y sin marco para escuadrar las trozas; alrededor de ellos había gran cantidad de desperdicios. Con sólo limpiar los escombros del sitio y guardar un poco más de espacio entre los dos equipos se mejoraría significativamente la seguridad de la operación. Otro aspecto de organización es planificar las pausas de acuerdo con la capacidad física de los trabajadores.
- **Emplear un sistema de renumeración** que premie en buen desempeño. El pago a destajo aumenta la velocidad del trabajo a costas de la seguridad. Pagar por hora y ejercer supervisión frecuente puede tener efectos positivos en la ocurrencia de accidentes. Lo mejor es pagar por quincena o mes y ofrecer un bono por la buena ejecución de trabajos peligrosos.
- Mejorar la tecnología empleada e **incorporar dispositivos de seguridad** en las máquinas y herramientas.
- **Llevar estadísticas y análisis de los accidentes** y “casi accidentes” ocurridos para identificar las fuentes de peligro y tomar medidas preventivas. Las preguntas para un registro de este tipo pueden ser:
 - ¿Qué tipo de accidente? (**qué**)
 - ¿Qué parte del cuerpo fue lesionada? (**dónde**)
 - ¿En qué momento, en cuál actividad? (**cuándo y cómo**)
 - Características personales de la víctima (edad, experiencia, entrenamiento, etc.) (**quién**)
 - ¿clima? ¿día? ¿hora? (**condiciones externas**)
 - ¿**Por qué?**Las causas se clasifican luego por tipos: técnicas, de organización, de ambiente de trabajo, climáticas, sociológicas, psicológicas, físicas, etc. A través de estas preguntas se puede entender la causa y tomar medidas de prevención.

En Nueva Zelanda y Zambia, se puso en práctica un sistema para dar parte de los accidentes, llevar estadística e implementar prácticas de seguridad adecuadas; con ello, la frecuencia de los accidentes bajó significativamente (Strehlke 1987 y Wästerlund Staal 1993, respectivamente). Cuando tenemos la información debemos divulgarla mediante folletos y panfletos con descripciones breves e ilustraciones sobre los accidentes más frecuentes, sus causas y cómo evitarlos.
- **Ofrecer incentivos a los trabajadores que respetan las normas de seguridad** y usan los equipos. Esta es una buena medida para fomentar una actitud positiva que se refleja en menos accidentes o accidentes poco graves, ya que las personas permanecen alertas ante situaciones complejas.

Lo que **no** se debe hacer es dar incentivos a quienes no se enferman. Esta modalidad es muy frecuente en las compañías bananeras de la región, las cuales llevan un registro anual e incentivan con diversos premios a quien no han acudido a las clínicas de salud.

Con esta modalidad de trabajo, lo que ocurre es que las personas a pesar de sentir una dolencia y/o saber que padecen una enfermedad no buscan atención médica para no perder el incentivo; a la postre, esto provoca disminución en el rendimiento y accidentes. Se podría decir que con este proceder a la empresa le interesa mucho más la rentabilidad y poco la salud y estabilidad de sus trabajadores debido a no hay una inversión directa y consciente en aspectos de salud y bienestar y más bien cuando el trabajador recurre a estos servicios son cesados y fácilmente sustituidos por la alta oferta de mano de obra.

- **Dar mantenimiento adecuado a la maquinaria y herramientas.** Por ejemplo, una sierra con la cadena desafilada aumenta el esfuerzo requerido para talar un árbol y, por ende, el cansancio del operario. Además, aumenta el riesgo de rebotes y disminuye la precisión para dirigir la caída del árbol. En el caso de equipos pesados, como tractores de oruga, *skidders*, cargadores, niveladoras y camiones, también es necesario darles mantenimiento frecuente para evitar desperfectos en los frenos, dirección, carrocerías mal instaladas, aditamentos mal ubicados (por ejemplo, baterías) que pueden causar accidentes durante la operación; por otra parte, es difícil prevenir los accidentes con equipos pesados por el fuerte ruido que hacen y por los movimientos impredecibles que pueden darse.
- **Verificar la capacidad y experiencia de los operarios.** No debe de bastar con una simple entrevista o la recomendación de alguien para poner a laborar a una persona, ya sea con la motosierra, el tractor, el *skidder* u otro equipo; se debe tener la certeza de su capacidad en el manejo del equipo, su experiencia y, muy importante, su motivación e interés en el trabajo.
- **Hacer un buen señalamiento** de la zona de aprovechamiento: demarcar con cinta de advertencia las áreas de aserrío y tala; si se usan productos químicos y combustibles, ponerlos en un lugar seguro y señalizarlo; brindar **instrucciones sencillas sobre prácticas y consejos de seguridad** en el o los idiomas locales.
- **Buscar información** sobre las máquinas y equipos más adecuados y los métodos más seguros para las condiciones tropicales.

En muchos países del neotrópico, el gobierno es propietario del bosque y, en consecuencia, es a la vez autoridad y empleador directo de muchos trabajadores, contratistas y concesionarios. En estos casos, el gobierno desempeña un papel muy importante en cuanto a la seguridad laboral, pues es el encargado de formular y controlar el cumplimiento de leyes, normas y reglas. Pero la responsabilidad mayor es de la empresa u organización encargada del aprovechamiento, pues son ellos quienes deben formular reglas de seguridad, ofrecer capacitación, ofrecer equipo apropiado, tener conocimientos sobre qué maquinaria es la mejor y más segura, promover una buena organización, etc. En el Recuadro 11.4 se describen los esfuerzos por mejorar la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores en una empresa brasileña.

Los requisitos de seguridad y salud deben de tenerse en cuenta en todas las etapas del trabajo forestal, desde la planificación hasta la ejecución. Cada momento en el aprovechamiento requiere sus propias medidas de seguridad; por ejemplo, en transporte fluvial, los trabajadores deben saber nadar, usar chalecos salvavidas y estar instruidos sobre la práctica de respiración artificial. Quien trabaja en el arrastre de trozas debe asegurarse de que el *winche*, los motores y el resto del equipo esté en buenas condiciones de funcionamiento, y que los trabajadores mantengan una distancia prudencial de los cables (Anaya y Christiansen 1986). En el Recuadro 11.5 se citan las principales reglas de seguridad laboral durante la tala.



Muchas veces los costos directos e indirectos de un accidente superan ampliamente los gastos de prevención.

Cada vez más se reconoce la estrecha relación entre las prácticas seguras de trabajo y el rendimiento elevado, con un mínimo de daños al medio ambiente y a las futuras cosechas.



Recuadro 11.4

Esfuerzos por mejorar la seguridad y salud ocupacional en la empresa Klabin do Paraná Agro Florestal S/A, Brasília

Entre 1968 y 1986, la empresa brasileña Klabin do Paraná Agro Florestal S/A realizó un estudio sobre accidentes laborales (ver resultados en la Fig. 11.R.1). El estudio demostró que con la creación del Servicio de Seguridad, Higiene y Medicina en 1970, y la ampliación de la cobertura del Servicio Social en 1975 se disminuyó sensiblemente el número de accidentes, aunque el número de empleados aumentó. En 1968, ocho de cada diez trabajadores tenían un accidente; en 1970, se accidentaron 3-4 trabajadores de cada diez y desde 1975 en adelante, el número de accidentes bajó a alrededor de uno por cada diez trabajadores.

Recuadro 11.5

Principales reglas de seguridad laboral durante la tala

- El motosierrista debe estar capacitado en las técnicas relacionadas a la práctica de tala dirigida de árboles y de troceo.
- Planear adecuadamente la actividad de modo de evitar que dos brigadas trabajen a corta distancia.
- La seguridad personal y de las personas que están en el bosque debe ser la primera prioridad. Se debe mantener alejadas a otras personas a por lo menos dos veces la altura del árbol a talar.
- Bajo ningún motivo trabajar sólo en el bosque. El motosierrista debe ser acompañado de un ayudante quien lo puede socorrer en caso de accidentes.
- Siempre se debe contar con indumentaria adecuada.
- Mantener la posición correcta del cuerpo, brazos, manos y extremidades inferiores para evitar fatigas innecesarias.
- Limpiar adecuadamente el pie del árbol antes de proceder a realizar la tala
- No tomar bebidas alcohólicas antes ni durante el trabajo.

Vestimenta y equipo de seguridad

La literatura sobre equipo de seguridad en operaciones de tala es extensa y recomiendan trajes especiales que no concuerdan con las características climáticas y condiciones socioeconómicas de las poblaciones ubicadas en zonas tropicales. En todo caso se debe exigir un mínimo de vestimenta y equipo de seguridad laboral. En ese sentido, no se debe permitir a ningún motosierrista ni ayudante realizar labores de tala sin contar con por lo menos un casco y botas adecuadas. Adicionalmente se recomienda el uso de viseras, protectores de oídos, pantalones con protectores y guantes de cuero.

Las cuñas y mazo son parte del equipo de seguridad laboral, las cuales son tan importantes como la presencia de un botiquín de primeros auxilios en caso que ocurra un accidente.



11.3.5 Derechos laborales

Otro tipo de seguridad en el trabajo son los derechos laborales. Los derechos laborales son establecidos por ley y son diferentes en cada país, pero hay algunos derechos laborales comunes: el derecho de organizarse, horario máximo, sueldo mínimo, diferentes tipos de seguros, pensión, exigencia de un buen medio laboral y vacaciones.

En la certificación forestal y en los estándares de manejo sostenible del bosque en diferentes países se mencionan los derechos laborales (por ejemplo, Recuadro 11.1), pero en general los derechos de los trabajadores en Centroamérica son débiles. Un estudio titulado “Centroamérica ante la vinculación del tema laboral en las negociaciones comerciales”, realizado por el Instituto Superior de Economía y Administración de Empresas de El Salvador, demuestra que la legislación y la aplicación de la misma es muy débil en Centroamérica. La investigación concluye que *“Es necesario fortalecer el tejido institucional para que la administración pública y de justicia hagan cumplir la legislación laboral y convenios internacionales de trabajo ratificados por el respectivo Poder Legislativo”* (Sánchez 2002). Se requiere un fortalecimiento de las instituciones oficiales, pero la responsabilidad también es de las empresas.

Como la legislación laboral en muchos países sólo es aplicable a empresas de cierto tamaño en adelante, los empleados en el sector informal generalmente no tienen derecho a ningún beneficio social y tampoco tienen acceso al servicio de salud (Poschen 1997). La empresa debería tener un plan económico para compensar a los trabajadores que resulten heridos, o a la familia del trabajador fallecido, o para cubrir pensiones. En Costa Rica, el seguro directo es obligatorio por ley, no importa el tamaño de la empresa; sin embargo, para evitar el pago del seguro, trabajadores y patronos establecen un convenio de palabra, en el cual el trabajador asume la responsabilidad si tiene algún accidente y renuncia a beneficios futuros como la posibilidad de obtener una pensión. También en muchos casos el patrono reporta salarios menores al real, subestimando así el monto de la cuota de seguro social lo cual afectará beneficios futuros como liquidaciones y monto de su pensión.

La Organización Internacional de Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de Salud (OMS) han logrado acuerdos internacionales, declaraciones y programas para mejorar el ambiente de trabajo. La mayoría de los países han firmado dichos acuerdos, pero no todos los que han firmado los cumplen. A nivel nacional, la formulación y cumplimiento de los reglamentos y leyes son responsabilidad de actores como los Ministerios de Trabajo y Salud. En muchos casos, la legislación que trata de las condiciones laborales y derechos de los trabajadores -si existe- es débil y no se cumple en la práctica.

En esta sección hemos:

- Establecido que la tala es una actividad muy peligrosa.
- Expuesto que la motosierra es la herramienta más peligrosa y el motosierrista el trabajador más expuesto a accidentes.
- Indicado las causas de los accidentes producto de la tala.
- Establecido las medidas para la prevención de accidentes y control.
- Establecido el marco de los derechos laborales en el sector forestal.



11.4 Capacitación

La mayoría de los productores y trabajadores forestales en el neotrópico han aprendido el oficio de manera artesanal y casi nunca han recibido formación práctica ni teórica formal. Por el escaso conocimiento sobre las actividades de aprovechamiento, la tasa de accidentes es alta, los desperdicios de madera son elevados y, por falta de conocimiento sobre el uso, mantenimiento y reparación adecuada del equipo, los gastos en repuestos son altos y la vida útil del equipo se reduce. Además, el entorno cambia constantemente, y uno tiene que aprender sobre nuevos mercados, nuevos requisitos de calidad, nuevas máquinas, nuevas técnicas y prácticas, nuevas leyes y reglas. La capacitación, entonces, no debiera ser un esfuerzo puntual, sino más bien una estrategia y una inversión en capital humano.

La meta primordial de la capacitación en AIR es lograr un mejor rendimiento con el menor impacto al ambiente y a los trabajadores.

En los “Estándares y procedimientos para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica” (CNCF 1999) se dice que los trabajadores deben contar con la capacitación necesaria para disminuir los riesgos de accidentes (ver Recuadro 11.1; Indicador 3.1.1); mejorar la salud ocupacional y la seguridad son metas principales de los esfuerzos de capacitación.

La capacitación en aprovechamiento de impacto reducido ofrece beneficios como:

- Mejor rendimiento
- Menos desperdicio
- Mejor calidad del producto
- Reducción de accidentes
- Mejor salud
- Mayor satisfacción del trabajador
- Reducción en gasto de energía del trabajador
- Mayor duración de los equipos
- Mayor eficiencia en el flujo de producción
- Mejor protección al bosque remanente

Un ejemplo de cómo con capacitación se puede aumentar el rendimiento viene de la RAAN, Nicaragua. En la comunidad de Awastingni se impartió una capacitación para mejorar el troceo y talar a una altura más baja. Después del evento, cada motosierrista producía 1,5 m³ de madera más por árbol, talando en promedio 35 árboles por día sin causar daños por rajaduras. Antes, el número de árboles talados por día era similar, pero con una alta tasa de rajaduras y quebraduras (hasta 30%), con lo que se perdían aproximadamente 60 m³ por motosierrista por día; además, se perdían 1,5 a 2 m³ de madera de los árboles que caían bien, pero que se cortaban muy arriba (1 m del suelo) (Venegas, com. pers. 2002).³

³ Geoffrey Venegas, ingeniero forestal. Proyecto COSUDE/CATIE/TRANSFORMA. 2003.

11.4.1 Temas de capacitación en el aprovechamiento de impacto reducido

Además de las técnicas descritas en este libro, hay varios temas de interés dentro del marco de aprovechamiento de impacto reducido. En un análisis de la demanda de capacitación en aprovechamiento y manejo forestal del bosque en la región Huetar Norte, Costa Rica, los participantes manifestaron que los temas más útiles eran técnicas de corta, uso y mantenimiento de la motosierra y equipo de aprovechamiento, planificación de caminos y vías de arrastre y aspectos del postmadereo (COSEFORMA 1990). Además, hay necesidad obvia en la capacitación sobre normas y prácticas de seguridad y primeros auxilios. El aprovechamiento de productos forestales no maderables (PFNM) también tiene sus temas específicos.

Los trabajadores mismos son quienes deben definir sus necesidades; la planificación de la capacitación se hace junto con los involucrados en la actividad. En muchas comunidades donde se aprovecha el bosque, la gente no sabe leer ni escribir, y por eso, las capacitaciones se deben adaptar para que sean asequibles a todos; simultáneamente, se debería trabajar junto con otros organismos en las comunidades para elevar el nivel de alfabetización.

11.4.2 Capacitación ¿a quién? y ¿cómo?

Todos los involucrados en el aprovechamiento forestal necesitan capacitación según las diferentes funciones que desempeñen. La capacitación puede llevarse a cabo fuera de la organización, ya sea mediante cursos formales que lleven a un grado de especialización, o cursos cortos impartidos por especialistas. También se podría desarrollar un programa de capacitación dentro de la empresa (Ver el programa de capacitación de la empresa Mil Madereiras en Recuadro 11.6), con o sin apoyo de instituciones externas. Parte de la tarea de los supervisores consiste en adiestrar al personal bajo su supervisión; esta es una forma de capacitación continua, que se podría complementar con cursillos a los trabajadores para reforzar o ampliar lo aprendido con el supervisor, y a los supervisores para ampliar y reforzar sus conocimientos.

Todo evento de capacitación en AIR busca mejorar la seguridad y el rendimiento, y disminuir el impacto al ambiente; no obstante, cualquier esfuerzo de entrenamiento y capacitación se puede perder fácilmente si las condiciones de vida y trabajo son malas y los sueldos bajos.

Cada operación debería incorporar en su estrategia un plan especial de capacitación al personal involucrado. La capacitación debe estar dirigida a mejorar la ejecución técnica de las tareas, aplicando nuevas tecnologías o tecnologías ya existentes pero de una mejor forma. Algo valioso al respecto es la elaboración de manuales de capacitación con diferentes módulos, algunos generales para todos los trabajadores (por ejemplo, primeros auxilios o aspectos ambientales) y otros más específicos para tareas puntuales (por ejemplo, mantenimiento de la motosierra o planificación del aprovechamiento). Experiencias de capacitación en el CATIE han demostrado la importancia de realizar los cursos y talleres en situaciones lo más cercanas posibles a las condiciones reales.



"Antes se perdía mucha madera debido a la forma de talar, además se ponían en peligro nuestras vidas, ya que teníamos que construir tapezcos para tumbar el árbol. Ahora sabemos analizar un árbol, cuáles gambas cortar para que caiga bien, los trabajos se hacen más cerca del suelo; así no estamos en peligro, las cuñas son de gran ayuda..."
Miembro de un grupo capacitado en tala dirigida en Awastingni, Nicaragua.



Recuadro 11.6

Programa de capacitación de la empresa brasileña Mil Madeireiras

Programa de capacitación práctica para cuadrillas de inventarios forestales:

- Identificación de árboles de especies comerciales, con la ayuda de un manual de identificación de árboles
- Medición de árboles
- Criterios de calidad para árboles aprovechables
- Criterios observables en árboles aprovechables
- Organización de campo de la actividad programada
- Prueba de campo de las lecciones aprendidas

Programa de capacitación práctica para cuadrillas de aprovechamiento forestal:

- La seguridad durante las operaciones de tala
- Técnicas de tala dirigida
- Mantenimiento y afilamiento de la cadena
- Organización de campo del aprovechamiento
- Uso de mapas y formularios de tala
- Criterios de decisión para no talar árboles marcados

Programa de capacitación práctica para cuadrillas de extracción:

- Consideraciones de campo para reducir el daño al rodal remanente
- Organización de campo de las actividades extractivas
- Uso de mapas y formularios de extracción

(FAO 1997b)

En Vanuatu (Melanesia) se han creado bosques locales de demostración para la capacitación y educación de la fuerza laboral (Andrewartha 2001). También en América Central y América del Sur se dan esfuerzos para fortalecer el manejo de los bosques en áreas específicas, que a la vez sirvan como áreas de demostración, capacitación e investigación. En Honduras y Nicaragua hay Áreas de Manejo Operativo (AMO) apoyadas por el proyecto COSUDE/CATIE/TRANSFORMA (ver Louman 1998 y Galloway 1999). Las comunidades por ellas mismas (Toncontín en Honduras y Las Quesadas en Nicaragua), o las comunidades junto con empresas madereras (AMO en Rosita, la RAAN, Nicaragua) son responsables del manejo, con el apoyo de personal técnico y profesional de diferentes proyectos. Todas las AMO cuentan con su propio centro de capacitación. En Brasil existen varias áreas demostrativas y de capacitación e investigación, apoyadas por empresas y la ONG Fundación Floresta Tropical (FFT). El más notorio de estos sitios es Cauaxi (en la zona de Paragominas) que aparte de haber capacitado a decenas de técnicos y trabajadores, también ha contribuido a la investigación en el proceso de AIR (Louman y Pereira 2001).

Las experiencias demuestran que los eventos de capacitación se fortalecen si se cuenta con un centro de capacitación cerca de las comunidades y del bosque. La construcción de tal centro puede financiarse de diferentes formas. En Rosita, Nicaragua, el centro de capacitación se construyó con fondos de la empresa PRADA y en Las Quesadas, Río San Juan varias organizaciones con actividades en las comunidades aledañas se juntaron para construir su “Centro de capacitación y usos múltiples”.



En Brasil, FFT logró que la empresa CATERPILLAR facilitara la maquinaria durante las capacitaciones y que las empresas del grupo CIKEL permitieran usar un área de 600 ha dentro de la concesión; además, brindaron apoyo para la extracción de madera en las áreas aprovechadas con AIR y el área de aprovechamiento convencional (Louman y Pereira 2001). Esto demuestra los beneficios que las alianzas estratégicas reportan, en particular en las áreas de capacitación e investigación.

Los centros de capacitación pueden ser muy útiles para las prácticas de universidades, sean a nivel local o regional. El AMO de Toncontín, por ejemplo, ha servido como base para más de cinco tesis de maestría y gran cantidad de trabajos del CURLA (Centro Universitario de la Región Litoral Atlántico). Para las universidades estatales, con una situación financiera precaria, este tipo de alianza puede ser la única forma de asegurar que sus estudiantes tengan alguna experiencia práctica durante su carrera.

El centro de capacitación también puede ser usado por la comunidad, escuelas y organizaciones locales, y si tiene facilidades de alojamiento puede ser utilizado por fines de ecoturismo y visitas científicas, como en Toncontín, Honduras y Villa Mills, Costa Rica. Los dos tienen campamentos con buenas facilidades para visitantes y alrededor del campamento hay senderos educativos que muestran y explican el manejo forestal y técnicas de aprovechamiento.

En las capacitaciones siempre se debe usar una metodología pedagógica. Por el tipo de labores que el aprovechamiento forestal requiere, las actividades prácticas deben superar en mucho a las actividades teóricas: la relación entre lo práctico y teórico debe ser de 80-20 o 90-10. Aunque los estudios universitarios tienen un enfoque teórico, es importante que los técnicos e ingenieros forestales encargados de la capacitación tengan mucha experiencia práctica en las labores de aprovechamiento forestal, para entender la situación del obrero, hacer una buena planificación y organizar el trabajo.

Una forma de capacitación muy eficaz es la de “productor a productor”, como se hizo en la comunidad de Mocerón, Honduras. Algunos motosierristas de la comunidad fueron capacitados en aserrío con motosierra con marco por el proyecto TRANSFORMA; sin embargo, después de un tiempo necesitaban más motosierristas, por lo que quienes tenían los conocimientos instruyeron a sus compañeros en el uso del equipo.

Es muy importante que el instructor goce del respeto y confianza de los capacitados, que tenga suficientes conocimientos y seguridad y que pueda impartir la instrucción de manera didáctica. Por eso, durante las capacitaciones o en eventos separados se debe capacitar a personas que tienen facilidad e interés en ser capacitadores. En el Recuadro 11.7 se presenta una experiencia de diseminación de la capacitación por medio de los mismos participantes.

Como la mayoría de los que trabajan con aprovechamiento en el neotrópico también son agricultores es muy importante tomar en cuenta la calendarización de las actividades agropecuarias, para que los eventos de capacitación no choquen con ellas. Además de las capacitaciones formales, los intercambios de experiencias entre productores o trabajadores de diferentes comunidades también son muy valiosos, ya que es una forma de compartir e intercambiar ideas y generar motivación por hacer las cosas bien.



Recuadro 11.7

Resultados de la capacitación en tala dirigida, caso Villa Mills, Costa Rica

Elaborado por Geoffrey Venegas, CATIE, Costa Rica.

Este estudio de caso recolecta información sobre los resultados y experiencias de la capacitación en tala dirigida y otros temas afines a seis obreros y un ingeniero forestal en Villa Mills, Costa Rica, por el Proyecto PROSIBONA/CATIE/COSUDE.

Inicio de la capacitación y algunos resultados

En el área de investigación Villa Mills del Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales (PROSIBONA) se llevó a cabo un curso de capacitación para la formación de personal forestal durante el año 1991 durante un periodo de 10 meses. El instructor fue el forestal suizo Hans Tanner. Los temas tratados fueron: métodos de tala dirigida, extracción, uso y mantenimiento de motosierras y herramientas, uso de cables y tecles forestales, uso de cuñas y mazos como herramientas auxiliares en la tala, planificación y ejecución de trabajos forestales, seguridad de trabajo y primeros auxilios, clasificación de madera, entre otros. Posteriormente, los seis obreros y el ingeniero forestal capacitados realizaron las labores del aprovechamiento mejorado realizado en esta área de investigación (Venegas y Louman 2001).

Como producto de esta capacitación el profesional forestal continuó la capacitación en estos aspectos, acompañado de dos obreros forestales quienes entre 1997-2002 prestaron sus servicios como capacitadores del Proyecto TRANSFORMA/CATIE/COSUDE en diferentes países de la región centroamericana, dentro de un proceso de capacitación de productor a productor.

El obrero forestal Oscar Araya visitó Toncontín, La Ceiba, Honduras, en los años 1997 y 1998 con el objetivo de capacitar a ocho productores seleccionados dentro del Grupo de Productores Agroforestales de la comunidad de Toncontín (GAT). Los temas impartidos versaron sobre el uso adecuado de la motosierra, métodos de tala dirigida, reglas generales de apeo, mantenimiento y mecánica de motosierras, afilado de la cadena, uso de cuñas y mazo forestal, preparación de productos, seguridad laboral, uso de tecles y cables forestales e implementación de la motosierra con marco para aserrío *in situ*.

Estos ocho productores capacitados inicialmente se constituyeron en un grupo multiplicador. En los años 1998-2000, capacitaron a 23 compañeros del GAT en diferentes trabajos especializados tales como: taladores, operarios de motosierra con marco, cubicadores de madera, afiladores, mecánicos de motosierras, mantenedores diarios de equipos de aserrío y operarios de tecles y cables, con el fin de realizar el aprovechamiento forestal en el bosque comunal. Esto ocupó y dio trabajo a los productores. También entre los años 1998-2001 realizaron capacitaciones a 30 grupos organizados de productores en las instalaciones del GAT y otras comunidades, y a 12 productores de la comunidad de Mocorón en la Mosquitia hondureña.



Otras capacitaciones realizadas por Oscar Araya en los temas señalados son las siguientes:

Año	Lugar	Personas capacitadas
1999	Boca de Sábalos, Río San Juan, Nicaragua	23
1999	Puerto Cabezas, Nicaragua	16
2000	Las Quesadas, Río San Juan, Nicaragua	11
2000	Petén, Guatemala (concesiones forestales)	15

El otro obrero capacitado en Villa Mills es Álvaro Abarca quien fungió como instructor en los siguientes cursos de capacitación:

Año	Lugar	Personas capacitadas
1999	Boca de Sábalos, Río San Juan, Nicaragua	30
1999	Las Quesadas, Río San Juan, Nicaragua	30
1999 ¹	Mocorón, Honduras	14
1999	Layasicksa, RAAN, Nicaragua	10
2000	Uaxactún, Petén, Guatemala	18
2000	3 comunidades del Petén, Guatemala	23
2000	Las Quesadas, Río San Juan, Nicaragua	8
2001	Laguna Blanca, Río San Juan, Nicaragua	8

¹ Capacitación realizada en conjunto con el obrero forestal del GAT Juan Blas

Las visitas y cursos de capacitación impartidos por los obreros forestales Oscar Araya y Álvaro Abarca dentro del esquema “productor a productor” fue muy positivo pues se transmitieron conocimientos y habilidades en un ambiente donde los productores se involucraron de lleno y tuvieron la confianza necesaria para trabajar con mucha libertad y motivación, lo que les permitió un buen nivel de conocimientos adquiridos e implementados.

Efecto multiplicador de la capacitación

En este caso el objetivo primordial de las capacitaciones realizadas en el área centroamericana fue la identificación y formación de personas que se convirtieran en capacitadores locales.

Otros casos importantes de mencionar son:

- Comunidad de Mocorón, Mosquitia hondureña: dos obreros especializados dirigen las labores de aprovechamiento en el área de bosque de su comunidad.
- Comunidad de Awastingni, Mosquitia nicaragüense: se tiene obrero identificado con el cual se ha trabajado en varias ocasiones.
- Comunidad de Las Quesadas, Nicaragua: se ha trabajado y se tienen identificadas ocho personas con la idea de formar un grupo base similar al de la comunidad de Toncontín.
- Comunidad de Boca de Sábalos, Nicaragua: se ha trabajado con dos personas en varias ocasiones; debido a su experiencia previa y a los conocimientos adquiridos han servido de apoyo en algunas capacitaciones realizadas en su comunidad.
- Petén, Guatemala: se ha trabajado en dos ocasiones con cuatro personas de varias comunidades.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En todos los casos mencionados se espera dar un proceso de seguimiento para consolidar la capacitación de todos los involucrados.

Necesidades de seguimiento y número de participantes

Para este tipo de formación técnica y muy práctica es necesario prever un seguimiento adecuado para afirmar los conocimientos y complementarlos con enseñanzas y prácticas adicionales.

Tomando en cuenta que la mayoría de los participantes inicialmente no tienen ninguna experiencia previa en el uso de la motosierra, es recomendable trabajar con grupos pequeños (8 a 12 personas), para que los participantes tengan la oportunidad de hacer uso del equipo durante más tiempo y prevenir accidentes.

Comentarios de algunos participantes

Productores y motosierristas se sienten con confianza luego de los cursos recibidos pues los conocimientos que tienen hasta ese momento los han adquirido a través de la experiencia propia: simplemente han tomado una motosierra y han empezado a talar árboles. Nunca antes habían recibido ningún tipo de instrucción.

Los productores y motosierristas que participaron de estas experiencias indican posteriormente su deseo de aplicar los conocimientos adquiridos, puesto que se han dado cuenta de que se disminuyen los riesgos de accidentes y aumentan los rendimientos. Por ejemplo, en la mayoría de los casos de corta tradicional no se define la dirección de caída de los árboles con lo cual el motosierrista y su ayudante esperan en la base de estos para ver donde caen. Los motosierristas se dan cuenta de la importancia de la evaluación de los árboles antes de la tala y del área de caída de éstos y otras implicaciones.

Cuando una actividad de capacitación finaliza es recomendable hacer un acto de clausura para entregar los certificados de participación. A este acto se debe invitar a los socios y/o empresarios al área demostrativa, para que conozcan del trabajo realizado y se sientan tomados en cuenta y co-partícipes de la actividad. Ese tipo de acercamiento puede fomentar la confianza y colaboración de los socios, ya sean comunidades o empresas. (Información adicional sobre comunicación y relaciones públicas en la Sección 11.7).

Siempre es conveniente que los eventos de capacitación rindan sus frutos a las comunidades. Por ejemplo, en una comunidad de Río San Juan se ofreció una capacitación sobre tala dirigida y motosierra con marco, y la madera talada y aserrada durante el evento se empleó en la construcción de dos aulas más para la escuela; en otra comunidad se construyó una oficina en la escuela.

Los taladores que han recibido algún tipo de capacitación práctica en técnicas de tala mejoradas han quedado sorprendidos con lo sencillo y útil de la técnica y el peligro al que han estado expuestos. Es común que al inicio de las capacitaciones existan dudas las que se reflejan en manifestaciones tales como:

Condiciones laborales en el aprovechamiento forestal

- *A mi qué me van a enseñar si yo vengo cortando madera desde hace más de 15 años...*
- *Yo estoy para dar clases, no para recibirlas...*
- *No se puede desviar la dirección de caída de un árbol cuando esta es pronunciada...*

Sin embargo, después de una o dos semanas de entrenamiento los comentarios más comunes son:

- *Nunca anteriormente había visto estos tipos de corte o métodos de tala, se hablaba de esto pero nunca se había implementado....*
- *Ahora me doy cuenta lo cerca que he estado de la muerte...*
- *Es increíble, se puede ver que se puede llevar el árbol donde uno quiere con mucho control...*
- *Esta técnica da menos cansancio y es más segura...*
- *Ahora es más fácil, se gasta menos combustible...*
- *Como dueño de bosque esta técnica me conviene porque se aprovecha más cantidad de madera al desgambar los árboles y trabajar lo más bajo posible, además los árboles no se rajan cuando caen...*

Durante los trabajos de tala se hace una evaluación de cada árbol, se discute sobre la técnica de tala aplicada y sobre la implementación de los métodos de tala, se hacen recomendaciones sobre como evitar daños a los árboles y prevenir accidentes personales, y se dan instrucciones sobre el uso adecuado de la motosierra en el momento de realizar los diferentes cortes.

Los obreros capacitados merecen un reconocimiento especial; por ejemplo, prioridad ante un empleo. Además es muy importante el estímulo o apoyo para que continúen formándose o especializándose en labores específicas (por ejemplo tala, inventarios, aserrío). Una capacitación formal y dirigida, como la señalada, podría conducir a la formación de paraforestales que podrían contribuir enormemente a las actividades propias del aprovechamiento.



La capacitación es esencial para obtener un mayor nivel de seguridad en las operaciones. Con el avance de la tecnología, y la sofisticación de los equipos a utilizar, el riesgo de accidentes aumenta si la tecnología se usa de manera inadecuada.

En esta sección hemos:

- Resaltada la importancia de la capacitación en aprovechamiento de impacto reducido.
- Especificado ¿a quién? y ¿cómo? debe estar dirigida la capacitación.
- Ilustrado, con un estudio de caso, la importancia de la capacitación de “productor a productor”.



11.5 Organización

Una buena organización de las operaciones de aprovechamiento mejora la productividad porque disminuye los tiempos muertos en cada fase del aprovechamiento y contribuye a motivar al personal.

Una organización eficiente cumple con las metas con un gasto mínimo de recursos humanos, financieros (capital, máquinas, herramientas, vehículos, etc.), maderables y de terreno (Pettersson 1987). Además, debe ser flexible y receptiva a los cambios internos y externos. Para maximizar la eficiencia de una organización se debería, antes que nada, hacer un buen análisis de la situación de trabajo y diseñar la organización según los resultados del análisis. Todos los miembros deben ser vistos como recursos valiosos. Las iniciativas, las ideas, las experiencias y las fortalezas de la gente en la empresa son recursos importantes para las empresas y las comunidades, y por eso es importante hacer el mejor uso de ellos.

Las metas de una buena organización son:

- Optimizar el uso del recurso humano sin someter a los trabajadores a riesgos.
- Garantizar el mejor uso de la madera y los productos forestales no maderables.
- Bajar los costos de producción.
- Minimizar los daños al bosque.

11.5.1 La organización óptima

La mayoría de las operaciones de aprovechamiento tienen dos componentes en su organización: la dirección y los trabajadores. La dirección es responsable de la toma de decisiones, la planificación y la administración empresarial. Es importante que sus responsabilidades estén bien definidas, claras y consistentes. Está demostrado que cuando las normas o exigencias del trabajo cambian continuamente, los trabajadores pierden la confianza en la dirección y baja su interés por cumplir con sus obligaciones.

Es importante que dentro de la organización existan buenos mecanismos de retroalimentación; es decir, que los trabajadores tengan vías para elevar sus observaciones y críticas a la dirección, y viceversa. Todos los involucrados deberían participar en la planificación del trabajo y en la formulación de las metas. Si uno se siente parte del proceso, el resultado importa más y el esfuerzo de uno mismo se valora más. Una mayor participación en la planificación y en las decisiones también previene conflictos.

El permitir la formación de gremios en empresas grandes, o la asociación a tales gremios, puede formar parte de una estrategia con miras a mejorar la comunicación entre la dirección y los trabajadores. También, los trabajadores y la dirección deberían tener objetivos muy similares, para poder definir estrategias que lleven al cumplimiento de los objetivos. Si a la dirección no le importa, por ejemplo, el mantenimiento del ecosistema forestal, difícilmente se puede convencer a los trabajadores de implementar medidas que mitiguen el impacto de las operaciones en el bosque. De manera similar, si solamente la dirección tiene como objetivo la mitigación de los impactos negativos, los trabajadores no tomarán muy en serio esas medidas en la ejecución de las operaciones en el campo. Por ello se requiere de una interacción entre la directiva y los trabajadores, en busca de compromisos que tengan en cuenta los diferentes puntos de vista de los grupos interesados.

Para lograr que se cumplan, las metas de la organización tienen que ser claramente transmitidas y compartidas por todos los trabajadores.

Condiciones laborales en el aprovechamiento forestal

La organización de trabajo también puede afectar la susceptibilidad de los trabajadores a enfermedades profesionales. Por ejemplo, una cuadrilla de tres motosierristas en vez de dos o uno, con dos operarios y un asistente, facilita el trabajo en turnos largos y disminuye el riesgo de problemas musculares por las vibraciones de la sierra. Aunque aumentarían los costos de la cuadrilla, el costo extra en porcentaje del costo total de aprovechamiento es mínimo, mientras la producción por cuadrilla y por día se mejora en calidad y cantidad y se reduce los costos por incapacidades.



Fortalezas individuales

Para hacer el mejor uso del personal, se deben identificar y analizar las fortalezas y destrezas de cada uno (capacidad física y mental, liderazgo, iniciativa y capacidad de decisión, experiencia, posibilidad de servir como capacitador, etc.) y formar las cuadrillas según este análisis. Por ejemplo, los trabajadores mayores no deberían realizar tareas muy pesadas, pero tienen mucho que aportar en experiencia, ejercen cierto grado de liderazgo, pueden ofrecer capacitación sobre técnicas y medidas de seguridad, y pueden ayudar a planificar el trabajo. Los jóvenes y las mujeres también merecen una atención especial en la planificación de las tareas, aunque es importante resaltar que si las condiciones generales de trabajo no son saludables y son peligrosas para mayores, jóvenes y mujeres, también lo serán para hombres en buena condición física. Ningún tipo de organización puede cambiar eso; lo que sí se puede hacer es mejorar las condiciones.

Horario

Hay personas en Centroamérica que se dedican exclusivamente a la actividad forestal; no obstante, la mayoría de personas que trabajan en los bosques también son agricultores. Eso significa que el tiempo dedicado a la actividad forestal se limita a algunos días o semanas por mes y no hay horarios fijos. Si hace buen tiempo y se necesita la madera, se trabaja desde la madrugada hasta la noche. Evidentemente, eso no es eficiente, ni adecuado para la salud de los trabajadores.

La planificación y organización del día significa hacer un horario de pausas para descanso y comida. De hecho, planificar bien la ingesta de comida y los descansos es un factor muy importante para prevenir accidentes (FAO 1993, ver también acápite 11.2.1).

Rotación de las tareas

El cambio de actividad entre trabajadores que realizan trabajos pesados y más livianos puede duplicar el rendimiento, sin que aumente la carga fisiológica. Apud *et al.* (1999) afirman que en un estudio en Chile, los motosierristas derribaron 13 árboles por hora cuando realizaron una rotación y 22 árboles cuando hicieron tres rotaciones; si bien los 22 árboles eran más pequeños que los otros, la medición del volumen mostró el mismo resultado: 14,5 m³ por hora con una rotación y 16,1 m³ por hora con tres rotaciones.



Inversiones rentables en la organización

Apud y Valdés (1995 en Apud *et al.* 1999) demostraron que, en general, lo mejor es que un motosierrista trabaje con cuatro hacheros. El rendimiento de un grupo así fue 56% más alto que el de un motosierrista y tres hacheros. En el mismo estudio se encontró que con pausas programadas, el rendimiento aumentó en 16% (2,6 a 3,2 m³ más por hora). Además, la carga cardiovascular disminuyó. En otras palabras, las pausas permiten a los trabajadores una buena recuperación que genera mejores rendimientos con menor carga física.

Sólo cuando los trabajadores tienen buena salud, conocimientos adecuados y están motivados a trabajar, se puede lograr los objetivos del aprovechamiento de impacto reducido.

El manejo de conflictos busca prever y resolver los problemas que se presenten.

Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Otro estudio de Chile muestra que cuando había rotación de actividades entre los motosierristas (volteo-desrame-troceo), el rendimiento aumentó en un 10% y disminuyó la fatiga de los trabajadores, medida por la frecuencia cardiaca media de la jornada (latidos por minuto) (Apud y Valdés 1993). Un ejemplo de Suecia muestra algo similar: con la introducción de rotación de tareas, traslape de turnos y trabajo de equipo se pretendía reducir las lesiones en el cuello y en los hombros a los operarios de maquinarias; ese objetivo se logró y además se mejoró bastante el rendimiento (Lidén 1992, Norin 1992, Pontén 1992 en Poschen 1993).

Manejo de conflictos

Según la FAO (2001), los conflictos y desacuerdos relacionados con el manejo forestal tienen que ver con los derechos de acceso, discrepancias entre objetivos de la explotación, falta de información y malentendidos. Estos conflictos son un peligro tanto para las empresas como para los bosques. Por ello, es necesario que la empresa/comunidad tenga una estrategia sobre prever y resolver conflictos.

Con buena información y reglas claras, si los trabajadores se sienten parte del proceso e involucrados en las decisiones, se pueden evitar muchos malentendidos y conflictos. Si se presentan conflictos hay que solucionarlos abierta y rápidamente. Con el tiempo, el conflicto se empeora y puede causar mucho malestar entre los trabajadores, el rendimiento disminuye y aumenta el riesgo de accidentes.

En esta sección hemos:

- Establecida la importancia de una buena organización de las operaciones de aprovechamiento.
- Establecido la importancia de la identificación y análisis de las fortalezas individuales, el establecer horarios de trabajo adecuados, la rotación de tareas y el manejo apropiado de conflictos para un trabajo y rendimiento óptimo de los trabajadores forestales.
- Establecido los elementos necesarios de una organización óptima.

11.6 Motivación

En la mayor parte del mundo, los salarios forestales están muy por debajo de los de la industria de aserrío, los que a su vez están por debajo de la media de los salarios industriales en general (Poschen 1997). Además, las condiciones de trabajo y de vida de los trabajadores forestales son mucho más difíciles ya que, por lo general, deben recorrer grandes distancias, vivir en campamentos malos, alimentarse mal, estar expuestos a lluvias, temperaturas altas, insectos, plagas, animales salvajes y realizar un trabajo muy riesgoso. Esa es una ecuación insatisfactoria que no produce trabajadores motivados, sino que constituye un gran obstáculo para el buen aprovechamiento y el buen rendimiento.

La motivación de los trabajadores es esencial para que ellos pongan el mayor esfuerzo en su trabajo y apliquen los nuevos conocimientos adquiridos en una capacitación. La motivación a menudo genera nuevas ideas que pueden elevar la eficiencia y/o bajar los costos y daños de las operaciones. Si los trabajadores se sienten motivados en su trabajo (buen salario, buenas condiciones laborales y de vida) manejan y protegen el bosque de la mejor forma.

Hay dos formas de mejorar la motivación del trabajador forestal: las compensaciones por las condiciones difíciles bajo las cuales tienen que trabajar; es decir, un buen salario e incentivos relacionados con la producción (motivación monetaria). Otro tipo de motivación es mejorar las condiciones de vida y de trabajo; es decir, mejorar la alimentación y los campamentos, minimizar los riesgos del trabajo, promover la participación de los trabajadores en la toma de decisiones, capacitación, etc.

11.6.1 Motivación monetaria

El personal bien remunerado por su trabajo y cumplimiento de sus obligaciones generalmente está más motivado que quienes sienten que su pago es inferior a lo justo, o quienes reciben un mismo salario, independiente de la calidad del trabajo ejecutado. La negociación de los salarios con representantes de los trabajadores genera una mayor satisfacción y a menudo eleva la calidad y cantidad de la producción.

La forma de pago más utilizada en el neotrópico es por cantidad producida; es común pagar por árboles talados y no por metro cúbico, lo que causa grandes desperdicios de madera. No obstante, por volumen o por árbol, el sistema de pago por cantidad tiene ciertas desventajas: los ingresos varían mucho, el estrés aumenta y por tanto aumenta el número de accidentes. El pago a destajo genera grandes diferencias entre los trabajadores, por lo que es muy difícil incentivar el trabajo en equipo y la cooperación entre los trabajadores.

En muchos países, el cambio a un sueldo fijo ha sido bien recibido por los trabajadores, ya que se sienten más tranquilos y satisfechos de las mejoras en las condiciones de vida y de trabajo. En otros casos, los trabajadores prefieren tener la posibilidad de escoger entre un sueldo fijo y el pago a destajo o también contratos por obra. La preferencia muchas veces depende de la edad; en general, los trabajadores mayores prefieren un sueldo fijo, mientras que los jóvenes prefieren trabajar a destajo (Strehkle 1987). Hasta ahora, el sistema combinado ha dado los mejores resultados: un sueldo fijo con premios por producción, a los que los trabajadores pueden acceder sin necesidad de sobreesfuerzos que pongan en peligro su seguridad o su salud (Apud y Valdés 1993; Pettersson 1987; Strehkle 1987). Los premios extras, además de incentivar la productividad, deben incentivar las buenas prácticas y nuevas iniciativas que mejoren la seguridad, el campamento, la protección al ambiente y la cooperación entre los trabajadores. Estos premios no necesariamente tienen que ser monetarios; lo importante es que el trabajador se sienta orgulloso y exitoso. Es muy importante que el pago sea realizado en las fechas establecidas y en los montos completos.

Un incentivo para el buen trabajo en equipo puede ser pagar una parte como salario fijo o premios por equipo o grupo.





11.6.2 Motivación no monetaria

Además de dinero, hay varias maneras de motivar a la gente para que hagan su labor bien y avanzar como empresa u organización; algunas de ellas son:

Reconocimiento por producción, seguridad y mitigación

El personal que hace un esfuerzo por mitigar los impactos a la vegetación remanente y hace uso de las técnicas de aprovechamiento de impacto reducido estaría menos dispuesto a continuar haciéndolo si otros no lo hacen y con ello extraen más volumen por hora, por lo que reciben un mejor salario. El pago por faena, acompañado de un adecuado control de cumplimiento, puede ser una mejor motivación para realizar un trabajo más seguro y menos dañino.

- Sentirse satisfecho con el trabajo realizado.
- Tener buenas condiciones de vida: alojamiento digno, medidas elementales de higiene, alimentación balanceada y acceso a los servicios básicos de salud y educación. Estas condiciones tienen más relevancia cuando las operaciones se desarrollan en áreas alejadas y con personal traído de afuera.
- Ofrecer oportunidades de capacitación. El trabajador bien capacitado hace mejor su trabajo, se siente más seguro y orgulloso y está en una mejor posición para cumplir con criterios de promoción.
- Crear mecanismos de superación dentro de la organización que permitan al personal mejorar su salario o su posición dentro de la empresa u obtener otros beneficios. Con ello habrá una mayor motivación por cumplir con los criterios solicitados de producción, seguridad, mitigación de impactos negativos, etc. Es importante que estos mecanismos sean claros y que se apliquen de forma objetiva e imparcial.
- Celebrar los avances y logros obtenidos; hacer partícipes a todos en la organización.
- Reconocer el buen desempeño y esfuerzos de los trabajadores.
- Garantizar al personal la posibilidad de tomar el día libre para realizar actividades personales urgentes.

En esta sección hemos:

- Resaltado la importancia de una buena motivación de los trabajadores forestales para elevar su nivel de vida, la eficiencia y/o bajar los costos y daños de las operaciones.
- Indicadas las dos formas de mejorar la motivación del trabajador forestal:
 - motivación monetaria
 - motivación no monetaria

11.7 Comunicación pública

Mucha gente tiene una imagen negativa del sector forestal y del aprovechamiento en particular. Se piensa que el aprovechamiento es una actividad, muchas veces ilegal, que “mata árboles” y “destruye ecosistemas y comunidades indígenas y campesinas”. Por otra parte, el alto número de accidentes laborales retrata a un sector poco preocupado por sus propios trabajadores (es decir, insensible), y por los recursos forestales de los cuales depende (Poschen 1993).

A veces el público tiene razón, pero muchas veces se trata de malentendidos causados por falta de información y educación sobre la dinámica y los procesos del bosque, y sobre las actividades que allí se realizan. Por eso, las empresas forestales y las comunidades que aprovechan el bosque tienen una tarea muy importante: fomentar las buenas relaciones con las comunidades que viven cerca de las áreas del aprovechamiento, comunicarse mejor con la opinión pública, dar más información, ser más abiertos y transparentes.

Condiciones laborales en el aprovechamiento forestal

Es necesario dejar muy en claro que quienes están aprovechando el bosque se preocupan por la situación ambiental y por las comunidades circunvecinas, por mejorar la situación económica de la región y del país. La formulación y publicación de una política ambiental o una política de desarrollo es un primer paso que ya muchas empresas han dado para mejorar sus sistemas de manejo y ser elegibles para la certificación bajo el sistema de ISO 14001.

Antes de empezar las labores extractivas se debe consultar con las comunidades y grupos directamente afectados por la operación de manejo (como dice el Criterio 4.4 en CNCF o FSC-PCi), respetando el uso consuetudinario, los derechos de las comunidades indígenas, los sitios arqueológicos o de importancia cultural e histórica (ver Camino *et al.* 2002).

Durante toda la actividad se deben mantener abiertos los canales de comunicación con las comunidades; informarles del avance de la actividad, invitar a gente involucrada o no a ver demostraciones de la operación y opinar sobre ella. La empresa forestal debe ser un actor activo en la comunidad y participar en eventos locales, en la planificación y construcción de caminos que sirvan a la empresa y también a la comunidad, en la educación ambiental y en otras actividades programadas de común acuerdo con la comunidad misma. Si la empresa no tiene expertos en construcción de caminos comunales o educación ambiental es mejor que su apoyo se limite al préstamo de maquinaria o financiamiento, y no incursionar en campos para los que no tengan el conocimiento ni la experiencia necesaria.

También es importante tener comunicación, y a lo mejor actividades conjuntas, con otros actores en la región como ONG, investigadores, empresas, escuelas y universidades. Las redes operativas que justamente reúnen a estos actores, como REMBLAH en Honduras y REMARIO, REPROMAB y REMAB-RAAN en Nicaragua, pueden funcionar como buenos foros para tales diálogos y actividades.

Los senderos educativos son una muy buena forma de explicar bien a la gente en las comunidades, a las ONG, a los estudiantes, cómo se realiza el aprovechamiento forestal. En Villa Mills, Costa Rica y Toncontín, Honduras ya se emplea ese recurso (acápite 11.4.2). En los senderos se demuestra el proceso, aunque una visita guiada permite aclarar dudas y preguntas de los usuarios. En 2002, un grupo grande de periodistas visitó el AMO Toncontín, el campamento y los senderos; poco después la prensa hondureña informaba al público sobre el aprovechamiento forestal en ese sitio.

Es muy importante que la comunicación vaya más allá de los líderes locales, para evitar futuros problemas en las comunidades que, a largo plazo, perjudican también a la empresa. No es la primera vez que los líderes, para mantener y mejorar su posición, se apropian de la información y de los beneficios y luego la comunidad reclama a la empresa el pago de esos beneficios a cambio de dejarla continuar con su trabajo. A menudo es conveniente tener un acompañante “neutral”, con experiencia en comunicación con las comunidades y/o con la opinión pública; algunas ONG pueden hacer un buen trabajo en este aspecto.



Se puede ganar buena reputación con una conducta informativa transparente de todo lo que se hace.



En esta sección hemos:

- Resaltado la importancia de establecer una buena comunicación y los canales de difusión apropiados para mantener informada a las comunidades que viven cerca del bosque y a la opinión pública en general.

11.8 Comentarios finales

Un trabajador que:

- tiene buenas condiciones de vida y trabajo
- trabaja bajo condiciones controladas de peligro
- trabaja en un grupo o empresa bien organizado
- está motivado con su trabajo
- tiene posibilidades de capacitarse
- tiene un horario de trabajo conveniente
- puede descansar durante y después del trabajo
- está informado sobre los objetivos y logros de la empresa
- se siente parte de toda la actividad de aprovechamiento

es un trabajador saludable y satisfecho, en buenas condiciones para desempeñar sus labores y producir mucho mejor; eso redundará en beneficio de toda la empresa y contribuye al desarrollo local y nacional.

Para mejorar las condiciones laborales en el aprovechamiento forestal se necesita la participación de todos los actores involucrados en la actividad: los gobiernos, las autoridades locales, los empleadores, los trabajadores, los propietarios del bosque, los fabricantes de maquinaria, las comunidades, etc. La cooperación y el diálogo abierto entre todos benefician no sólo al sector forestal, sino que además generan bienestar en las comunidades aledañas al sitio y, por ende, promueven el desarrollo nacional.

Clave en este proceso es aprender de las experiencias en otros países, en otras comunidades, organizaciones y empresas: el intercambio de información, experiencias y conocimientos es de gran utilidad. Pero además de cooperación e intercambio entre los actores, se necesita de más investigación en nuestros países para mejorar las condiciones laborales, lograr mayores rendimientos y tener trabajadores contentos y saludables.

"Hoy en día, el capital humano en materia empresarial y de capacidad técnica, una buena infraestructura y el acceso al mercado son probablemente más decisivos que los recursos forestales nacionales" (Poschen 1997)



11.9 Bibliografía

- Anaya, H; Christiansen, P. 1986. Aprovechamiento forestal-análisis de apeo y transporte. IICA, San José, CR. 235 p.
- Andrewartha, R. 2001. La capacitación para alcanzar la certificación. *Actualidad Forestal Tropical* 11(2):14-15.
- Apud, E; Gutiérrez, M; Lagos, S; Maureira, F; Meyer, F, Espinoza, J. 1999. Manual de Ergonomía forestal. Universidad de Concepción, Chile. Consultado en agosto del 2002. Disponible en <http://www.udec.cl/ergo-conce/informes/index.htm>
- ____; Valdés, S. 1995. Ergonomics in forestry: The Chilean case. International Labour Organization, Ginebra, Suiza. 162 p.
- Axelsson, SA. 1995. Arbetsmiljön i skogen-fortfarande en riskabel arbetsplats. Fakta Skog no. 20. Universidad Sueca para las Ciencias Agrícolas, Uppsala, Suecia.
- Becker, GO. 1987. Planejamento de atividade de exploração florestal de acordo com os princípios ergonômicos. In Simposio sobre exploração, transporte, ergonomia e segurança em reflorestamentos/ Meeting on harvesting, transport, ergonomics and safety in plantation forestry. (1987, Curitiba, Brasil). Memoria. Curitiba, Brasil. Universidade Federal do Paraná y IUFRO. p. 269-281.
- Blombäck, P. 2001. Ocupándose de los trabajadores. *Actualidad Forestal Tropical*. 11(2):13-14.
- Bostrand, L *et al.* 1986. Promotion of ergonomics in forestry-an example from the Philippines. Proceedings, XVIII IUFRO World Congress, Yugoslavia, pp.222-233.
- Camino, R, de. *et al.* 2002. Indicadores para el Manejo Forestal Sostenible de acuerdo a los Principios, Criterios e Indicadores del FSC: Algunas propuestas desde la práctica. Cooperación Técnica de Alemania, GTZ y Universidad para la Paz, San José, Costa Rica. Disco compacto.
- Campos, R; Salinas, C. 1985. Evaluación dietética del régimen alimenticio y rendimientos de los obreros forestales en la zona de Pucallpa. *Revista Forestal del Perú*. XIII(1):41-55.
- Carneiro, C. 2002. La información forestal-base para las tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina y el Caribe. In II Congreso Forestal Latinoamericano (CONFLAT). Ciudad de Guatemala, 1-3 de agosto 2002.
- CFV (Certificación Forestal Voluntaria). 2001. Aspectos sociales de la Certificación Forestal. Consultada en agosto 2002: Disponible en www.angelfire.com/pq/cfv/sociales.html
- Chávez, F; Alvarado, J; Aymerich, R; Solórzano, A. 1996. Aspectos básicos sobre las serpientes de Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Facultad de Microbiología. Instituto Clodomiro Picado. San José, Costa Rica. 61 p.
- Cheu Kuok Tuh. 1990. Logging accidents: an emerging problem. Occupational Health Unit, Medical Department. Sarawak, Malasia.
- CNCF (Comisión Nacional de Certificación Forestal). 1999. Estándares y procedimientos para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica. CNCF/CATIE, Turrialba, CR. 54 p.
- COSEFORMA (Cooperación en los Sectores Forestal y Maderero). 1990. Análisis de la demanda para capacitación en aprovechamiento y manejo del bosque en la Región Huetar Norte. COSEFORMA, San José, CR. 18 p.
- Dembner, SA. 1993. Editorial. *Unasylva* 44(172):2.
- Dubón, P. 1996. Evaluación comparativa entre el sistema de aserrío manual tradicional con sierra de viento y el aserrío con motosierra con marco en la costa norte de Honduras. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, CR. 123 p.
- Dykstra, DP; Heinrich, R. 1996. Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO. Roma, IT, FAO.
- FAO. 1993. Introducción a la ergonomía forestal para países en desarrollo. Roma, Italia. Estudio FAO Montes No. 100. 180 p.
- FAO. 1997a. El Modelo de Código de la FAO para las prácticas de aprovechamiento forestal. In XI Congreso Forestal Mundial, 13 a 22 de Octubre de 1997, Antalya, Turquía. Consultado en octubre 2002. Disponible en <http://www.fao.org/montes/foda/wforcong/PUBLI/V3/T14S/1-8.HTM>
- FAO. 1997b. Environmentally sound forest harvesting. Testing the applicability of the FAO Model Code in the Amazon in Brazil. FAO. Roma, Italia. 78 p. (Forest harvesting case study 8).
- FAO. 2001. El manejo de conflictos: el desarrollo forestal comunitario. Consultado agosto 2002. Disponible en www.fao.org/forestry/FON/FONP/cfu/topics/es/conf-s.stn
- Fielder, NC; de Souza, AP; Cardos Machado, C; da Costa, F; Valverde, SR. 2001. Análisis de los factores ergonómicos en las operaciones de un aprovechamiento mecanizado en Brasil. In XI Congreso Forestal Mundial (1997. Antalya, Turquía) Resumen de ponencias voluntarias. Consultado en agosto 2002. Disponible en <http://www.fao.org/montes/foda/wforcong/PUBLI/V4/T20S/2-4.HTM>



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- FSC (Forest Stewardship Council). 1999. Los sindicatos centran su atención en la certificación. Consultado en agosto 2002. Disponible en www.fscoax.org/not/fsc_notes/html/esp/fifth1.htm
- Galloway, G. 1999. Avances en Centroamérica. *Revista Forestal Centroamericana* 25:32-34.
- Kaimowitz, D. 2002. Pobreza y bosques en América Latina. Una agenda de acción. Ponencia magistral presentada en el II Congreso Forestal Latinoamericano (CONFLAT). Ciudad de Guatemala, Guatemala. pp. 29-33.
- Lidén, E. 1992. Team work for increased efficiency, health and comfort in forest harvesting. *In* FAO/CEPE/OIT. Proc. Seminar The Future of the Forestry Workforce. Corvallis, EE.UU. Oregon State University Press. Corvallis, Estados Unidos. sp
- Louman, B. 1998. Áreas demostrativas y áreas de manejo operacional: Descripción e importancia para el manejo forestal sostenible en América Central. *Manejo Forestal Tropical* no. 8. 8 p.
- _____.; Pereira, R. 2001. Aprovechamiento y manejo del bosque en un área demostrativa de la Fundación Floresta Tropical en Brasil. *Manejo Forestal Tropical* No. 20. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 8 p.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía). 2002. Principios, criterios e indicadores para el manejo de bosques naturales y su certificación en Costa Rica. Decreto No 27388. San José, Costa Rica.
- Norin, K. 1992. The transition of forest work in Sweden. *In* FAO/CEPE/OIT. Proc. Seminar The Future of the Forestry Workforce held in Corvallis. Oregon State University Press. Corvallis, Estados Unidos. Sp.
- OIT (Organización Internacional de Trabajo). 1953. Reunión Técnica Tripartita para la Industria de la Madera. Ginebra, Suiza.
- _____. 1979. Guía para la Seguridad en el Trabajo Forestal. Cuarta impresión. Ginebra, Suiza. Sp.
- _____. 1997. Trabajo forestal: Nuevas reglas para proteger a los trabajadores y al medio ambiente. Consultado en 2002. Disponible en www.oit.org/public/spanish/bureau/inf/pr/1997/21.htm
- _____. 1999. SafeWork. Consultado en setiembre 2002. Disponible en http://turva.me.tut.fi/iloagri/covers/wtf_f.htm
- Pettersson, B. 1987. Forest worker training and other ways to increase efficiency and enhance safety and health at work. *In* Simpósio sobre exploração, transporte, ergonomia e segurança em reflorestamentos/Meeting on harvesting, transport, ergonomics and safety in plantation forestry. (1987, Curitiba, Brasil) Memoria. Curitiba, Brasil, Universidade Federal do Paraná y IUFRO. pp. 322-334.
- Poschen, P. 1993. ¿Es segura la profesión forestal? *Unasylva* 44(172):3-11.
- _____. 1997. Los bosques y el empleo: mucho más de lo que parece a simple vista. *In* Los bosques, las estrategias de industrialización y el empleo. Conclusiones y Recomendaciones de Sub-Programas. XI Congreso Forestal Mundial, Antalya, Turquía 13-22 octubre 1997. pp 47-67 Consultada en setiembre 2002. Disponible en www.fao.org/montes/foda/wforcong/PUBLI/PDF/V4S_T20.PDF
- Sánchez, G. 2002. Legislación laboral es débil en Centroamérica. *La Prensa* (Nicaragua) 04 – 09 - 2002.
- Smith, LA, Thomas, RE Jr. 1993. Investigaciones sobre ergonomía en el sudeste de los Estados Unidos. *Unasylva* 44(172):38-44.
- Staal Wästerlund, D; Kufakwamdi, F. 1993. Mejoras en las condiciones de trabajo en la empresa forestal de Zambia, ZAFFICO. *Unasylva* 44(172):13-18.
- Strehlke, B. 1987. Working, living and social conditions of workers employed in plantations logging. *In* Simpósio sobre exploração, transporte, ergonomia e segurança em reflorestamentos/Meeting on harvesting, transport, ergonomics and safety in plantation forestry. 5-10 Abr 1987, patrocinado por Universidade Federal do Paraná y IUFRO. Curitiba, Brasil. pp.303-319.
- Strehlke, B. 1993. Empleo, condiciones de vida y seguridad del trabajo en el manejo de los bosques de Indonesia. *Unasylva* 44(172):25-30.
- Wästerlund, D. 2001. Heat stress in forestry work. Doctor's dissertation. Universidad Sueca de las Ciencias Agrícolas. Umeå, Suecia. Sp.
- Cooperación en los Sectores Forestal y Maderero (COSEFORMA). 1990. Análisis de la demanda para capacitación en aprovechamiento y manejo del bosque en la Región Huertar Norte. COSEFORMA, San José, Costa Rica. 18 p.
- Dembner, S.A. 1993. Página Editorial. *Unasylva* 44(172):2.
- Dubón, P. 1996. Evaluación comparativa entre el sistema de aserrío manual tradicional con sierra de viento y el aserrío con motosierra con marco en la costa norte de Honduras. Tesis Mag.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 123 p.
- FAO. 1993. Introducción a la ergonomía forestal para países en desarrollo. Roma, Italia. Estudio FAO Montes No. 100. 180 p.



- FAO. 1996. Código.... (del p. 6) FERNANDO tiene el documento-pidelo a él para la información aquí
- FAO. 1997a. El Modelo de Código de la FAO para las prácticas de aprovechamiento forestal. En XI Congreso Forestal Mundial, 13 a 22 de Octubre de 1997, Antalya, Turquía. Consultado en Internet en octubre 2002: <http://www.fao.org/montes/foda/wforcong/PUBLI/V3/T14S/1-8.HTM>
- FAO. 2001. El manejo de conflictos: el desarrollo forestal comunitario. Consultado en Internet en agosto 2002: www.fao.org/forestry/FON/FONP/cfu/topics/es/conf-s.stn
- FAO.1997b. Environmentally sound forest harvesting. Testing the applicability of the FAO Model Code in the Amazon in Brazil. Forest harvesting case study 8. FAO, Roma, Italia. 78 p.
- Fielder, NC; de Souza, AP; Cardos Machado, C; da Costa, F; Valverde, SR . 2001. Análisis de los factores ergonómicos en las operaciones de un aprovechamiento mecanizado en Brasil. XI Congreso Forestal Mundial, Antalya, Turquía, 13 a 22 de octubre 1997. Resumen de las ponencias voluntarias. Consultado en Internet en agosto 2002: <http://www.fao.org/montes/foda/wforcong/PUBLI/V4/T20S/2-4.HTM>
- Forest Stewardship Council (FSC). 1999. Los sindicatos centran su atención en la certificación. Consultado en Internet en agosto 2002: www.fscoax.org/not/fsc_notes/html/esp/fifth1.htm
- Galloway, G. 1999. Avances en Centroamérica. Revista Forestal Centroamericana No 25: 32-34. Turrialba, Costa Rica.
- Kaimowitz, D. 2002. Pobreza y bosques en América Latina. Una agenda de acción. Ponencia magistral presentada en el II Congreso Forestal Latinoamericano (CONFLAT). Ciudad de Guatemala. Guatemala. pp. 29-33.
- Lidén, E. 1992. Team work for increased efficiency, health and comfort in forest harvesting. In FAO/CEPE/OIT. Proc. Seminar The Future of the Forestry Workforce. Corvallis, EE.UU. Oregon State University Press. Corvallis, Estados Unidos. sp
- Louman, B. 1998. Áreas demostrativas y áreas de manejo operacional: Descripción e importancia para el manejo forestal sostenible en América Central. Manejo Forestal Tropical No. 81. CATIE, Turrialba, Costa Rica. sp.
- Louman, B; Pereira, R. 2001. Aprovechamiento y manejo del bosque en un área demostrativa de la Fundación Floresta Tropical en Brasil. Manejo Forestal Tropical No. 20. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 8 p.
- Manikam, D. 1985. Accidents and safety in logging companies in Sarawak. Occasional Paper No.3. University Pertanian Malasia, Serdang.
- McFarlane, S. 1989. Noise and hearing loss in the logging industry. Logging Industry Research Association technical release No 5. LIRA. Rotorua, Nueva Zelandia.
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). 2002. Principios, criterios e indicadores para el manejo de bosques naturales y su certificación en Costa Rica. Decreto No 27388. San José, Costa Rica.
- Norin, K. 1992. The transition of forest work in Sweden. En FAO/CEPE/OIT. Proc. Seminar The Future of the Forestry Workforce held in Corvallis. Oregon State University Press. Corvallis, Estados Unidos. Sp.
- Organización Internacional de Trabajo (OIT). 1953. Reunión Técnica Tripartita para la Industria de la Madera. Ginebra, Suiza.
- Organización Internacional de Trabajo (OIT). 1979. Guía para la Seguridad en el Trabajo Forestal. Cuarta impresión. Ginebra, Suiza. Sp.
- Organización Internacional de Trabajo (OIT). 1981. Occupational safety and health problems in the timber industry. Informe de la Tercera Reunión Técnica Tripartita para la Industria de la Madera. Ginebra, Suiza.
- Organización Internacional de Trabajo (OIT). 1997. Trabajo forestal: Nuevas reglas para proteger a los trabajadores y al medio ambiente. Consultado en Internet en agosto 2002: www.oit.org/public/spanish/bureau/inf/pr/1997/21.htm
- Organización Internacional de Trabajo (OIT). 1999. SafeWork. Consultado en Internet en setiembre 2002. http://turva.me.tut.fi/iloagri/covers/wtf_f.htm
- Petttersson, B. 1987. forest worker training and other ways to increase efficiency and enhance safety and health at work. En Simpósio sobre exploração, transporte, ergonomia e segurança em reflorestamentos/Meeting on harvesting, transport, ergonomics and safety in plantation forestry. 5-10 Abr 1987, patrocinado por Universidade Federal do Paraná y IUFRO. Curitiba, Brasil. pp. 322-334.
- Pontén, B. 1992. A program against neck/shoulder problems of machine operators. En FAO/CEPE/OIT. Proc. Seminar The Future of the Forestry Workforce held in Corvallis. Oregon State University Press, Corvallis, Estados Unidos. Sp.
- Poschen, P. 1993. ¿Es segura la profesión forestal? Unasylya 44(172): 3-11.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- Poschen, P. 1997. Los bosques y el empleo: mucho más de lo que parece a simple vista. *En* Los bosques, las estrategias de industrialización y el empleo. Conclusiones y Recomendaciones de Sub-Programas. XI Congreso Forestal Mundial, Antalya, Turquía 13-22 octubre 1997. pp 47-67 Consultada en Internet setiembre 2002: www.fao.org/montes/foda/wforcong/PUBLI/PDF/V4S_T20.PDF
- Rummer, RB; Smith, LA; Stokes, BJ. 1985. Two-cylinder chainsaw vibration and noise test. Technical release 85-R-13. American Pulpwood Association, Inc.
- Sabel, I. 1986. Occupational health services for workers in the state of Baden-Württemberg. Proc. Seminar on Occupational Health and Rehabilitation of Forest Workers, Kuopio, Finland, 3-7 de junio de 1985. Imprenta del Gobierno Finlandés. Helsinki, Finlandia.
- Sánchez, G. 2002. Legislación laboral es débil en Centroamérica. La Prensa (Nicaragua) 04 – 09 - 2002.
- Smith, LA, Thomas, RE Jr. 1993. Investigaciones sobre ergonomía en el sudeste de los Estados Unidos. *Unasylya* 44(172):38-44.
- Staal Wästerlund, D; Kufakwamdi, F. 1993. Mejoras en las condiciones de trabajo en la empresa forestal de Zambia, ZAFFICO. *Unasylya* 44(172):13-18.
- Strehlke, B. 1987. Working, living and social conditions of workers employed in plantations logging. *En* Simpósio sobre exploração, transporte, ergonomía e segurança em reflorestamentos/Meeting on harvesting, transport, ergonomics and safety in plantation forestry. 5-10 Abr 1987, patrocinado por Universidade Federal do Paraná y IUFRO. Curitiba, Brasil. pp.303-319
- Strehlke, B. 1993. Empleo, condiciones de vida y seguridad del trabajo en el manejo de los bosques de Indonesia. *Unasylya* 44(172): 25-30.
- Wästerlund, D. 2001. Heat stress in forestry work. Doctor's dissertation. Universidad Sueca de las Ciencias Agrícolas. Umeå, Suecia. s.p.
- Wu, SC. 1986. Forest accidents and health service in Taiwan. ROC. Proceedings, XVIII IUFRO World Congress, Yugoslavia. pp.210-221.



Capítulo 12

Impacto ambiental del aprovechamiento

- 12.1 Introducción
- 12.2 Cambios en el microclima y en el ciclo hídrico
 - 12.2.1 Microclima
 - 12.2.2 Ciclo hídrico
 - 12.2.3 Efectos sobre la cantidad de agua
 - 12.2.4 Efectos sobre la calidad del agua
- 12.3 Cambios en el suelo y en el ciclo de nutrimentos y efectos del aprovechamiento
 - 12.3.1 Suelos
 - 12.3.2 El ciclo de nutrimentos
 - 12.3.3 Efectos del aprovechamiento en el ciclo de nutrimentos
 - 12.3.4 Aprovechamiento y ciclo de carbono
- 12.4 Cambios en la vegetación
 - 12.4.1 Efectos del aprovechamiento en los árboles remanentes
 - 12.4.2 Remoción del dosel
 - 12.4.3 Efectos del aprovechamiento en los productos no maderables
 - 12.4.4 Madera muerta
- 12.5 Cambios en las poblaciones de la fauna
 - 12.5.1 Efectos directos
 - 12.5.2 Efectos indirectos
- 12.6 Mitigación de impactos
 - 12.6.1 Mitigación de impacto en los claros
 - 12.6.2 Red vial
 - 12.6.3 Arrastre
 - 12.6.4 Protección del recurso hídrico
- 12.7 Los estándares de manejo forestal y la reducción de impactos
- 12.8 Bibliografía

Bastiaan Louman

Impacto ambiental es cualquier cambio neto, positivo o negativo, que se provoca sobre el ambiente como consecuencia, directa o indirecta, de acciones antrópicas que puedan producir alteraciones susceptibles de afectar la salud y la calidad de vida, la capacidad productiva de los recursos naturales y los procesos ecológicos.



12.1 Introducción

A partir de la década de 1950, los forestales y responsables del manejo forestal empezaron a preocuparse por el aumento de los impactos causados con la introducción de maquinaria pesada para el aprovechamiento. Los primeros estudios sobre los posibles impactos del aprovechamiento se hicieron en los años 50 en África y Asia y en los años 80 en América Latina; pero la mayor parte de estos estudios se han realizado en Asia. En general, el uso de maquinaria causa impactos sobre la vegetación y el suelo, aunque estudios más recientes hablan de posibles impactos sobre la fauna, pues la cacería aumenta y se reduce la cantidad y variedad de plantas alimenticias. Hay evidencias de que los impactos sobre la vegetación y el suelo se incrementan con la intensidad del aprovechamiento, y que el aprovechamiento controlado o de impacto reducido permite aprovechar un mayor volumen por hectárea sin aumentar los daños. Es claro, sin embargo, que todo aprovechamiento de madera lleva consigo algún nivel de impacto.

En este capítulo buscamos describir en detalle los impactos ambientales de las diferentes operaciones de aprovechamiento sobre el agua, suelo, viento y fauna; además, proponemos medidas para reducir esos impactos, aplicando muchas de las ya escritas en los capítulos anteriores, con énfasis en América tropical. El objetivo del capítulo es que los estudiantes tomen conciencia de los posibles impactos ambientales que las operaciones de aprovechamiento pueden causar, y que conozcan las herramientas principales para mitigarlos.

En primera instancia, sin embargo, es importante definir qué es un impacto ambiental. En Argentina, la definición legal dice que¹:

IMPACTO AMBIENTAL es cualquier cambio neto, positivo o negativo, que se provoca sobre el ambiente como consecuencia, directa o indirecta, de acciones antrópicas que puedan producir alteraciones susceptibles de afectar la salud y la calidad de vida, la capacidad productiva de los recursos naturales y los procesos ecológicos.

También, el Consejo Mundial de Manejo Forestal (FSC, por sus siglas en inglés) considera muy importante el impacto ambiental causado por el manejo forestal y dedica un principio completo a su evaluación. El principio 6 considera que “*Todo manejo forestal deberá conservar la diversidad biológica y sus valores asociados, los recursos de agua, los suelos y los ecosistemas frágiles y únicos, además de los paisajes. Si estos objetivos se cumplen, se mantendrán las funciones ecológicas y la integridad del bosque.*” (FSC 2000). Como se ve, el principio se refiere sólo a cambios que pueden afectar la capacidad productiva de los recursos naturales y a procesos ecológicos, aunque esto también podría implicar efectos sobre la salud y la calidad de vida. El FSC especifica mejor lo que se entiende por ambiente: “*...la diversidad biológica y sus valores asociados, los recursos de agua, los suelos, y los ecosistemas frágiles y únicos, además de los paisajes.*”

¹ Ley no. 123 de Impacto Ambiental de Argentina, consultada en la página de la Comunidad de Arquitectura Americana (18 de julio 2002): http://1999.arqa.com/informa/imp_amb.htm



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

La definición del FSC habla de conservar, lo que implica que no debe haber cambios y que, entonces, todo cambio se considera negativo. Esto ha generado muchas discusiones sobre si se deben permitir cambios o no, y a veces ha resultado en exigencias demasiado estrictas para las condiciones locales. Su interpretación, sin embargo, se ha aclarado con la definición de los indicadores para medir los impactos, redacción de guías para el proceso de certificación (por ejemplo, las de Smartwood) y capacitación a los evaluadores. La idea ahora imperante es aceptar los cambios si no ponen en peligro las funciones ecológicas y productivas (incluyendo la provisión de servicios ambientales), ni la integridad del bosque.

En este sentido, es importante distinguir entre cambios de los cuales el bosque se recupera a corto o mediano plazo (por ejemplo, claros pequeños) y que afectan poco las funciones y la integridad del bosque, y cambios de los cuales el bosque no se recupera o lo hace muy lentamente, con lo que potencialmente se ponen en riesgo las funciones y la integridad (por ejemplo, los caminos forestales).

12.2 Cambios en el microclima y en el ciclo hídrico

12.2.1 Microclima

Los cambios en el microclima pueden afectar la capacidad de regeneración del bosque. El microclima en el bosque está regulado por la radiación solar, la cual influye en la temperatura del suelo y del aire y en la humedad del aire (Martínez-Ramos 1985, Dam 2001). En Guyana, la creación de claros afectaba estas condiciones a partir de 10 m de los bordes del claro, por lo que la temperatura aumenta y se reduce la humedad (Dam 2001). Este efecto entonces depende del tamaño del claro, pero también de su forma, ya que un claro irregular o rectangular tiene mayor borde que un claro regular de la misma superficie. Y, como consecuencia, una mayor parte del claro se encuentra dentro de la distancia de 10 m del borde. La radiación solar que llega hasta el suelo disminuye al ir creciendo la vegetación en el claro y, con el tiempo, el bosque recupera el microclima anterior.

12.2.2 Ciclo hídrico

Los efectos del aprovechamiento y conversión del bosque sobre el ciclo hídrico todavía no han sido claramente explicados, y a menudo resultan de exageraciones de fenómenos reales (Bruijnzeel y Critchley 1994). Tales efectos pueden ser diferentes en diferentes años y entre diferentes sitios debido a cambios en el clima, en las condiciones topográficas y en el suelo (Bruijnzeel y Critchley 1994). Es importante tomar siempre en cuenta el contexto de los bosques y su uso, antes de proyectar los posibles efectos del aprovechamiento sobre el ciclo hídrico. En este libro nos circunscribimos al contexto húmedo tropical de América Central, pero aún así los efectos del aprovechamiento sobre el ciclo hídrico podrían variar según el sitio y el año, por lo que hay que considerar los posibles efectos en cada caso particular.

Para entender bien cómo el aprovechamiento podría afectar el ciclo hídrico es importante saber que en bosques tropicales de dosel cerrado, entre 75 y 90% de la precipitación total llega al suelo de manera directa (5-25%), por lavado de tallos (*'stemflow'*) (1-2%), o indirecta, por goteo del dosel (lavado foliar). Entre 10 y 25% de la precipitación es interceptada por la vegetación y luego se evapora (Bruijnzeel y Critchley 1994, Fassbender 1993). En bosques no intervenidos, la mayor parte de la precipitación que llega al suelo se infiltra y contribuye al flujo del agua en el subsuelo. Fassbender (1993) presenta un caso de los Andes venezolanos, a una altura de 2300 msnm: de los 1576 mm de precipitación anual, 1271 mm llegan al suelo por lavado foliar o lavado de tallos (78%); de esta cantidad, el 99% se infiltra al suelo. Esta agua fluye hacia abajo y contribuye al flujo base de los ríos, o es consumida por la vegetación y luego liberada a la atmósfera por transpiración. Sólo cuando el suelo ya está saturado (en tiempos de precipitación excesiva) o se encuentran capas no penetrables cerca de la superficie, es que ocurre escorrentía superficial (Stadtmüller 1994, Bruijnzeel y Critchley 1994).



12.2.3 Efectos sobre la cantidad de agua

Hay que aclarar que en América Central es poco probable que la deforestación afecte la cantidad de precipitación anual, ya que la influencia de las masas marítimas sobre el clima de los países centroamericanos es mucho mayor que la ejercida por la presencia (o ausencia) de bosques (Kaimowitz 2001). Sólo en grandes áreas continentales, como la Amazonia, donde se da un cambio masivo de uso de la tierra, se podría esperar que la precipitación se reduzca a causa de la disminución de la transpiración provocada por la deforestación.

El efecto inmediato de eliminar el bosque normalmente es una reducción en evapotranspiración y un aumento en el porcentaje de la lluvia que llega directamente al suelo, lo que sí podría afectar la disponibilidad de agua. Si el cambio de uso no afecta la tasa de infiltración del suelo, habría una mayor disponibilidad de agua en el suelo, lo que podría aumentar el flujo base de los ríos durante los periodos de lluvia, con flujos picos de hasta 50% mayor que el normal durante o después de tormentas tropicales (Bruijnzeel y Critchley 1994). No obstante, la diferencia relativa entre flujos picos de eventos extremos en cuencas forestadas y no forestadas es muy pequeña, ya que una vez que el suelo queda saturado toda el agua escurre, sin importar el uso actual del suelo (Kaimowitz 2001).

Estos efectos también ocurren, pero en menor escala, en bosques intervenidos. Un experimento en Costa Rica, por ejemplo, encontró mayor humedad en los 70 cm superiores del suelo en claros grandes que en claros pequeños, en bosques secundarios y bosques no disturbados (Bruijnzeel y Critchley 1994). Esto puede resultar en mayor escorrentía y formación de charcos en los claros que en el bosque no disturbado. Stadtmüller (1994), sin embargo, cita a varios autores que indican que su efecto sobre el caudal de los ríos no es significativo si el área basal eliminada es menor a 20% del área basal total.

El efecto del cambio de uso y aprovechamiento en la disponibilidad de agua depende del método de tala, del tipo de vegetación/ uso que se da a la tierra después de la remoción, del clima, características del suelo y topografía.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En Guyana también encontraron mayor humedad en los suelos en claros grandes que en claros pequeños un año después del aprovechamiento, aunque las diferencias no eran significativas. Esas diferencias se invirtieron durante la estación seca, cuando los claros grandes mostraron suelos más secos que los claros pequeños (Dam 2001). Este mismo investigador atribuye la falta de diferencias significativas en cuanto a la humedad del suelo en claros grandes y pequeños a la existencia de raíces aún activas de los árboles eliminados, raíces de árboles cercanos a los claros que tratan de ocupar el espacio libre, presencia de hojarasca en algunas zonas del claro pero no en otras, y presencia de regeneración de árboles de rápido crecimiento en los claros grandes. Esta regeneración contribuye a la restauración del ciclo hídrico hasta niveles aproximados a los del ciclo original en 10 a 20 años (Saldarriaga 1994, citado por Steege *et al.* 1996).

En zonas húmedas tropicales con estación seca pronunciada, el cambio de uso puede tener como efecto la reducción del flujo base en los ríos durante la estación seca (Bruijnzeel y Critchley 1994); en suelos con buena infiltración, este efecto puede ser compensado al reducirse la evapotranspiración (Kaimowitz 2001). La compactación del suelo causada por el uso de maquinaria pesada durante el aprovechamiento o el cambio de uso aumenta la escorrentía y, por ende, reduce el efecto compensatorio. En consecuencia, los flujos picos tienden a aumentar en época lluviosa y el flujo base tiende a reducirse durante la época seca. El resultado final del cambio de uso y aprovechamiento, en cuanto al caudal durante diferentes épocas del año, dependerá del método de remoción de los árboles, del tipo de vegetación/uso que se da a la tierra después de la remoción, del clima y de las características del suelo y topografía.

Sánchez (1976) presenta datos de áreas bajo bosques, cultivos y descubiertas en África y Colombia, los cuales indican que la cobertura forestal es el mayor determinante en la tasa de escorrentía, a pesar de diferencias por pendiente (de 0 a 22%) y precipitación (de 850 a 1730 mm/año). Bajo bosques, la escorrentía fue menos de 5% de la precipitación total, contra 15 a 62% en áreas descubiertas. Una revisión bibliográfica publicada por Stadtmüller (1994) confirma esta información y atribuye las diferencias principalmente al uso inadecuado de los suelos después de la remoción de los bosques y/o árboles.

La situación es diferente en los bosques nubosos, que muestran una evapotranspiración mucho menor que los bosques de bajura y donde, además, la eliminación del bosque significa una reducción en captación de agua por precipitación horizontal. Ahí, entonces, los cambios de uso y aún el aprovechamiento pueden resultar en menor disponibilidad de agua durante todo el año (Stadtmüller 1994, Bruijnzeel 1999 citado en Kaimowitz 2001).



En resumen:

- La deforestación en América Central no influye en la cantidad de precipitación anual porque esta se debe principalmente a influencias de las masas marítimas.
- Los bosques tropicales con dosel cerrado consumen hasta 1000 mm/año de agua y evaporan unos 600 mm/año. Otros tipos de vegetación consumen menos pero podrían evaporar más. La remoción del bosque puede aumentar la disponibilidad total de agua.
- En los claros pequeños a medianos (hasta 400 m², según Dam 2001), la humedad en el suelo superficial es mayor que en el bosque no intervenido, por lo que durante la época lluviosa los charcos y escorrentía tienden a aumentar. En claros grandes, la humedad depende de la presencia de regeneración de árboles de rápido crecimiento y de hojarasca, pero tiende a ser mayor que en el bosque durante la época lluviosa y menor durante la época seca. Su efecto sobre los caudales, sin embargo, es mínimo si la intervención es moderada.
- Los bosques nubosos evaporan menos y captan agua de las nubes. Su remoción podría reducir la disponibilidad de agua.
- La capacidad de infiltración del suelo es importante para regular la disponibilidad de agua para el consumo del bosque mismo y para uso humano.
- La vegetación juega un papel importante en mantener la capacidad de infiltración de los suelos, sin tener que emplear técnicas costosas de conservación del suelo.
- Si se elimina toda o parte de la vegetación, la distribución de la cantidad de agua disponible pueden ser afectada negativamente si hay compactación del suelo y se reduce su capacidad de infiltración.
- En los claros, el establecimiento de vegetación secundaria puede restaurar el ciclo hídrico en 10-20 años.

12.2.4 Efectos sobre la calidad de agua

La calidad del agua es determinada por sus características físicas (turbidez, sedimentación), químicas (contenido de minerales y contaminantes químicos) y biológicas (contenido de organismos infecciosos, respiración de organismos). Asimismo, la calidad puede ser afectada por erosión (escorrentía), tipo de uso del suelo (contaminación) y sitio de donde viene el agua (organismos) (Stadtmüller 1994). La infiltración de la precipitación y el consecuente flujo de agua en el subsuelo son muy importantes para la calidad de agua porque, por un lado evitan la escorrentía, y por otro lado, evitan el contacto con otros organismos ya que el suelo actúa como filtro para retener organismos, posibles contaminantes o exceso de minerales en el agua.

El aprovechamiento puede provocar cambios en la calidad del agua (adaptado de Stadtmüller 1994):

- Aumento de la sedimentación por mayor escorrentía, particularmente si hay intervenciones a menos de 50 m de los ríos.
- Aumento de la temperatura del agua por tala cerca de los ríos; esto afecta los procesos biológicos en el agua y podría afectar la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.
- Aumento de la sedimentación por escorrentía sobre la red vial y movimientos de suelos durante la extracción.
- Aumento de la sedimentación por mala ubicación y construcción de caminos y cruces de los ríos.

El bosque es el uso de la tierra que mejor y en forma más barata protege al suelo y mantiene la tasa de infiltración, contribuye directamente a mantener la calidad de agua y previene el uso de contaminantes como herbicidas, plaguicidas y desechos industriales.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Según el mismo autor, la ubicación y construcción de caminos provocan hasta 80% de los efectos totales del aprovechamiento sobre la calidad de agua.

En esta sección hemos:

- Establecido que los claros afectan la temperatura del suelo y del aire y la humedad del aire.
- Explicado como el aprovechamiento forestal puede afectar el ciclo hídrico.
- Indicado el efecto inmediato de eliminar el bosque sobre la disponibilidad del agua.
- Indicado la influencia del aprovechamiento forestal sobre la cantidad de agua en el suelo.
- Indicado el efecto del aprovechamiento en la calidad del agua.

12.3 Cambios en el suelo, en el ciclo de nutrientes y efectos del aprovechamiento

Algunos cambios que el aprovechamiento provoca en el suelo fueron mencionados en el acápite anterior: la compactación del suelo por la construcción de caminos y las actividades de extracción limitan la infiltración y aumentan la escorrentía. Esto puede causar fluctuaciones en el caudal de los ríos y en la cantidad de sedimentos en el agua, particularmente en áreas con mucha precipitación, pendientes y suelos frágiles.

Cabe mencionar, sin embargo, que estudios en los suelos arenosos de Guyana encontraron que allí los disturbios causados por la construcción de caminos y extracción resultaron en una mayor mezcla de materia orgánica con el suelo superficial, una mayor capacidad de retención de agua y una tasa mayor de infiltración (Steege *et al.* 1996). Estos resultados son una buena indicación de que la determinación de los impactos potenciales del aprovechamiento debe partir de la situación y conocimientos locales. Por otro lado, Dam (2001) afirma que el lavado de nutrientes en claros grandes (>400 m²) aumenta por falta de materia orgánica en los suelos de los claros y no porque la tasa de infiltración sea mayor. También, el aumento en el porcentaje de precipitación que llega al suelo directamente contribuye al lavado de nutrientes. Como se ve, los resultados obtenidos hasta ahora no son definitivos, por lo que aún debe investigarse más sobre los efectos y las consecuencias del aprovechamiento en los suelos.

Aparte de los efectos sobre el suelo, el aprovechamiento también puede afectar la presencia de nutrientes, sea por el aumento en el lavado de nutrientes antes mencionado, por la pérdida de nutrientes al eliminarse la vegetación, o por efectos sobre las tasas de descomposición y mineralización. Para entender estos efectos se debe tener un conocimiento básico sobre el ciclo de nutrientes en el sitio.



En este acápite se presentan algunos resultados de estudios de suelos después del aprovechamiento, identificando los efectos más probables en suelos comunes en los bosques húmedos tropicales. Después, con base en una descripción limitada del ciclo de nutrimentos, se discuten posibles efectos del aprovechamiento sobre el ciclo, con el objetivo de que los lectores entiendan mejor la necesidad de reducir los efectos e impactos del aprovechamiento sobre el suelo y los nutrimentos, y tengan mejores criterios para planificar un aprovechamiento que cumpla con esta meta.

12.3.1 Suelos

La importancia de los suelos para la vegetación forestal ya se discutió en el libro “Silvicultura de bosques latifoliados húmedos” publicado en esta misma serie de textos didácticos (Louman *et al.* 2001). Igualmente, Sombroek (1966) en Brünig (1996) afirma que las diferencias en características de los bosques en áreas con condiciones climatológicas uniformes y sin intervenciones antropogénicas, muy probablemente se deban a diferencias en los suelos. Según el autor, la capacidad de retención de agua, la disponibilidad de nutrimentos y la capacidad de penetración de las raíces son características muy importantes e indicativas de las posibilidades de un manejo sostenible.

Estas tres características pueden resultar afectadas por dos cambios en el suelo (compactación y disminución del pH) y un cambio en el microclima (temperatura y humedad), provocados por la extracción y la creación de claros. A continuación analizaremos los efectos de la compactación; los cambios en pH y en microclima se discuten en las secciones 12.3.3 y 12.2.1, respectivamente.

Compactación

La ocurrencia de la compactación depende del tipo de suelo (textura, estructura, densidad, contenido de materia orgánica), el clima (humedad del suelo durante el paso de la maquinaria), el patrón de raíces en el suelo, el tipo de maquinaria y su uso durante las operaciones del aprovechamiento (Hendrison 1990). En general, los tractores de ruedas causan un mayor grado de compactación que los de oruga (Hendrison 1990).

La mayoría de los suelos en bosques húmedos tropicales tienen una textura, estructura, densidad y humedad que les hacen susceptibles a la compactación (Hendrison 1990, Brünig 1996) y es lógico, entonces, tratar de reducir el área de tránsito de la maquinaria y/o reducir el número de pasadas. Hendrison (1990), en su estudio del sistema de aprovechamiento controlado sobre suelos arenosos en Surinam, encontró que la compactación se incrementa con las primeras cuatro pasadas de un tractor forestal de ruedas, pero la densidad de los suelos no aumenta con el número adicional de pasadas. Migunga (1996) ofrece información similar (primeras cinco pasadas con tractor forestal) en suelos gredosos en Tanzania. Los datos de Hendrison indican que después de 14 pasadas sobre el mismo tramo, la densidad aumenta un 13% en suelos secos (14% de humedad) hasta un 20% en suelos húmedos (28% de humedad). Además, desde la primera pasada del tractor, la capacidad de infiltración del suelo superficial se reduce hasta en 90% debido posiblemente al efecto ‘embarradero’ de las ruedas, más que al aumento en la densidad del suelo. En Guyana también se encontraron reducciones considerables en la capacidad de infiltración de suelos arenosos (Steege *et al.* 1996).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En suelos gredosos, por otro lado, los mismos autores no encontraron cambios significativos en la conductividad hidrológica (infiltración), ni en la capacidad de retención de agua, ni en la porosidad de los suelos. Esta falta de cambios se atribuye a la presencia de agregados estables de oxidados de hierro que resistieron a los cambios y evitaron que la superficie fuera sellada por partículas de arcilla y cieno.

Hay menos consenso en cuanto a la capacidad de retención de agua de los suelos compactados: Hendrison (1990) no encontró evidencia de que la capacidad de retención de agua de los suelos se reduzca a pesar de los cambios en la densidad de los suelos, pero Steege *et al.* (1996) informan que esta capacidad aumenta en suelos arenosos, posiblemente debido a la mayor incorporación de materia orgánica. Es claro que las actividades de extracción físicamente afectan la capacidad de infiltración del suelo, lo que -como se vio en secciones anteriores- puede afectar la escorrentía con consecuencias en la disponibilidad y calidad de agua. Además, este efecto puede perdurar por más de ocho años en suelos arenosos con un contenido de arcilla relativamente alto, a pesar de la presencia de regeneración natural en las vías de arrastre. Guariguata y Dupuy (1997) encontraron evidencia de compactación en suelos volcánicos jóvenes en Costa Rica, aún 12 a 17 años después del aprovechamiento.

La reducción de la infiltración y el sellado del suelo superficial pueden tener efectos en el ciclo de nutrimentos como se verá en la sección siguiente. La compactación puede limitar la penetración de las raíces e inhibir la regeneración y/o reducir el potencial de crecimiento de la vegetación en estos sitios. Si se toma una densidad de 1,30 g/cm³ como límite superior para la penetración de raíces (Shetron *et al.* 1988 y Wästerlund 1992 citados por Migunga 1996), cuatro a cinco pasadas del tractor forestal pueden ser suficientes para reducir la regeneración, ya que la densidad del suelo aumenta hasta 1,50 g/cm³ (Hendrison 1990, Migunga 1996).

Aparte de la compactación, la extracción puede crear zanjas en las vías, las cuales aceleran la erosión. Con el largo de las zanjas, se incrementa la fuerza del agua y la cantidad de sedimentos y partículas suspendidas en el agua, así como el riesgo de erosión.

12.3.2 El ciclo de nutrimentos

A continuación presentaremos un breve resumen del ciclo de nutrimentos, basado en Bruijnzeel y Critchley (1994). Se recomienda a los lectores interesados referirse a los libros de Sánchez (1976), Jordan (1985) y Fassbender (1993) para una descripción más detallada del ciclo de nutrimentos y las relaciones entre suelos, agua y nutrimentos.

El ciclo de nutrimentos del bosque húmedo tropical no intervenido muestra un balance entre ganancias desde arriba y desde abajo, por un lado, y pérdidas hacia arriba y hacia abajo, por el otro. El nitrógeno es el nutrimento más abundante de los importantes para la producción vegetativa del bosque. Algunos nutrimentos vienen con la lluvia, o con partículas de polvo y de aerosoles². Estos nutrimentos llegan al suelo con la precipitación (directa, por lavado foliar o lavado de los tallos) o con la caída de hojas y ramas muertas.

² aerosol = una suspensión de partículas ultramicroscópicas de sólidos o líquidos en el aire u otro gas.



Desde abajo, los nutrientes son liberados por la mineralización de la roca madre, aunque su disponibilidad para los árboles depende de la profundidad a la cual ocurre: si es muy profundo, no quedan al alcance de las raíces. El nitrógeno, además, puede ser fijado en el suelo por microorganismos especializados, aunque también puede perderse por desnitrificación durante los procesos de descomposición. Los nutrientes absorbidos por la vegetación, al final vuelven a quedar disponibles para las plantas por el proceso de envejecimiento y descomposición, luego de pasar por las fases de hojarasca y materia orgánica.

En general, en los ecosistemas forestales sobre suelos pobres entran más nutrientes con la lluvia que los que salen del sistema por el flujo subterráneo de agua y escorrentía; por el contrario, en sistemas forestales sobre suelos fértiles ocurre una pérdida de nutrientes (Mabberly 1992). Las ganancias o pérdidas, sin embargo, son muy pequeñas en relación con la cantidad total existente en el sistema (Mabberly 1992, Fassbender 1993).

En bosques naturales tropicales de bajura, la mayor parte de la materia orgánica se encuentra en la biomasa aérea. Por otro lado, excepto en bosques en suelos muy pobres, la mayor parte de los nutrientes N y P se encuentran en el suelo aunque no siempre en forma disponible para las plantas (Fassbender 1993). La reserva en el suelo da mayor estabilidad al sistema, pero el ciclo de nutrientes depende más de los nutrientes asociados a la materia orgánica.

12.3.3 Efectos del aprovechamiento en el ciclo de nutrientes

El aprovechamiento puede afectar la disponibilidad de nutrientes por cambios en la materia orgánica en los diferentes componentes del bosque. Los efectos del aprovechamiento sobre el ciclo de nutrientes han sido poco estudiados, y varios de los estudios existentes se realizaron en tipos de suelos similares, pero no necesariamente representativos de los bosques neotropicales: los suelos del escudo de Guyana en Surinam (Poels 1987) y Guyana (Steege *et al.* 1996, Dam 2001).

Los estudios de TROPENBOS en Guyana muestran que el aprovechamiento puede causar pérdidas considerables en los claros. Ellos midieron los flujos de Ca, K, Mg y N y encontraron que la principal pérdida se debe a la extracción de la madera, aunque también se pierden montos considerables por el lavado en claros grandes durante los primeros años después del aprovechamiento. A nivel del bosque o la microcuenca, sin embargo, las pérdidas son pequeñas, comparables con los ingresos por lluvia. A este nivel, el efecto del aprovechamiento sobre el ciclo de nutrientes se puede considerar insignificante (Steege *et al.* 1996), aunque en Surinam llegó a 2,5-3% de los nutrientes presentes en un bosque no intervenido (Jonkers 1987), cantidad recuperable en unos diez años mediante los ingresos de nutrientes con la lluvia y desde el suelo (Jonkers 1987, Fassbender 1993).



El aprovechamiento provoca pérdida directa de nutrientes y reduce el pH del suelo.

Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

A nivel de claros, sin embargo, las pérdidas sí son significativas, particularmente de los elementos Mg y N, de los cuales en Guyana se encontró que después de año y medio se había perdido 5,5 y 9,5% del total de estos elementos en la vegetación, ya fuera por la extracción misma (5,2% de N y 4,5% de Mg) o por lavado (0,3% y 5,0% respectivamente, Cuadro 12.1). La magnitud de pérdidas de Mg fue preocupante; Steege *et al.* (1996) piensan que el sitio no recuperará el Mg perdido en menos de 20 a 25 años. El lavado fue más alto en zonas dentro del claro con acumulación de materia orgánica y condiciones de humedad y temperatura apropiadas para una tasa de descomposición mayor.

Cuadro 12.1 Pérdidas de nutrientes N, K, Ca, Mg (% del total en suelo en los sitios estudiados) en claros, año y medio después del aprovechamiento en Guyana

	N	K	Ca	Mg
Pérdidas por remoción de madera	5,2	2,8	1,7	4,5
Pérdidas por lavado	0,3	1,8	1,7	5,0

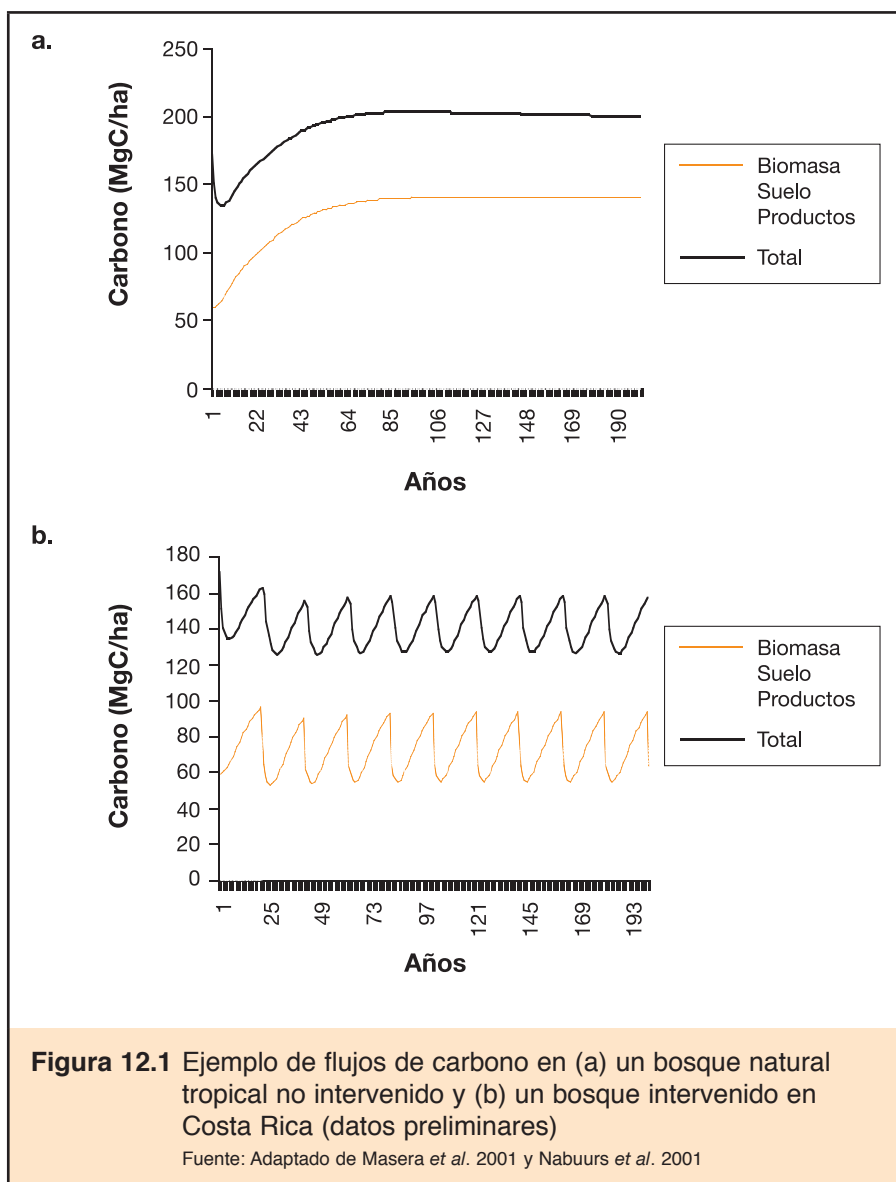
Fuente: Steege *et al.* 1996

Aparte de la pérdida directa de nutrientes, el aprovechamiento puede causar una reducción del pH debido al aumento en la concentración de aluminio en el suelo (Steege *et al.* 1996). El lavado y la concentración de Al aumentaron con el tamaño del claro a partir de 400 m²; en los claros más grandes (3200 m²) hubo un lavado mayor al del bosque no intervenido aún siete años después del aprovechamiento. En claros menores, el lavado volvió a los niveles previos al aprovechamiento y en claros pequeños (200 m²) el lavado no fue mayor que en el bosque no intervenido (Dam 2001). El lavado de nutrientes, el aumento en la concentración de Al y la reducción del pH pueden afectar la regeneración natural en los claros.

En general, sin embargo, el efecto de un aprovechamiento planificado y controlado (AIR) sobre el ciclo de nutrientes es temporal y reversible, siempre que las condiciones del sitio después del aprovechamiento faciliten la regeneración natural. El principal peligro para el ciclo de nutrientes es que, después del aprovechamiento, se decida hacer un cambio de uso que no tome en cuenta las características del suelo que contribuyen a mantener el ciclo de nutrientes (por ej. infiltración, capacidad de almacenamiento de agua, contenido de materia orgánica).

12.3.4 Aprovechamiento y ciclo de carbono

Mucho se ha discutido sobre el almacenamiento y secuestro de carbono en diferentes tipos de vegetación como medida para contrarrestar el efecto invernadero causado por la emisión de gases. Por la fotosíntesis, las plantas captan carbono para la formación de tejidos, aunque también liberan carbono por respiración y, al morir, por la descomposición de los tejidos. En los bosques naturales que han llegado a un equilibrio adaptado a las condiciones de su sitio, el secuestro neto de carbono es casi nulo, ya que el crecimiento está en equilibrio con la mortalidad y la respiración. Por otro lado, la cantidad de carbono almacenado en bosques naturales tropicales puede ser considerable: hasta varias toneladas por hectárea (Fig. 12.3a).



El aprovechamiento puede afectar tanto al almacenaje como al secuestro de carbono: al cortarse los árboles (reducción del carbono almacenado) las plantas remanentes responden aumentando su biomasa³ para ocupar el espacio abierto y, en consecuencia, aumenta el secuestro de carbono. Sin embargo, la cantidad de carbono secuestrado, por ejemplo, a lo largo de un ciclo de corta será muy similar a la cantidad eliminada con el aprovechamiento. El secuestro neto de carbono a largo plazo, entonces, dependerá no tanto del aprovechamiento y del crecimiento del bosque, sino más bien del uso de la madera después del aprovechamiento. Si el uso es duradero, como en construcciones permanentes, el carbono permanece almacenado durante el tiempo que la madera esté en uso. La Fig. 12.3b muestra esta acumulación en madera utilizada para construcción y muebles, tomando en cuenta que en el proceso de transformación también hay desperdicios. Si la madera se utiliza por ejemplo como moldura para construcción y luego se desecha o se quema como leña, casi no habrá almacenamiento y el secuestro fomentado por el mayor crecimiento del bosque después del aprovechamiento apenas será suficiente para reemplazar el carbono liberado por el mismo aprovechamiento.

El uso que se da a la madera aprovechada determina la tasa neta de secuestro de carbono.

³ Principalmente en forma de reclutamiento y crecimiento de nuevos reclutas (Sabogal *et al.* 2001, Acosta *et al.* 2001)



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Aunque falta estudiar mejor las relaciones entre diferentes tipos de uso de la tierra y el almacenamiento y secuestro de carbono, en forma preliminar se puede decir que el aprovechamiento de madera puede contribuir a incrementar el secuestro de carbono, siempre y cuando la madera se use para fabricar productos durables.

En esta sección hemos:

- Indicado los cambios que el aprovechamiento provoca en el suelo.
- Ilustrado los efectos más probables del aprovechamiento sobre los suelos.
- Discutido los posibles efectos del aprovechamiento sobre el ciclo de nutrimentos.

12.4 Cambios en la vegetación

Los cambios en la vegetación en bosques tropicales a causa del aprovechamiento son probablemente los más estudiados y publicados; los primeros estudios datan de 1950 y 1960: Nicholson (1958) y Wyatt-Smith y Foenander (1962) sobre daños por aprovechamiento en Indonesia y Malasia, respectivamente. Aunque la mayor parte de los estudios se han hecho en el sureste asiático, a partir de los años 90 se iniciaron investigaciones en América Latina: Uhl y Vieira (1989), Hendrison (1990), Koppelman (1990), Méndez (1992), Quesada (1992), Verissimo *et al.* (1992), López (1994), Steege *et al.* (1996), Johns *et al.* (1996), Méndez y Maginnis (1997), Camacho y Finegan (1997), Delgado *et al.* (1997), FAO (1997), Cruz (1998), Hout (1999), Armstrong y Inglis (2000), Hout (2000), Putz *et al.* (2000), Louman y Pereira (2001), Sabogal *et al.* (2001), Venegas y Louman (2001), Pereira *et al.* (2002). No obstante, estos estudios son difícilmente comparables, pues han sido realizados en bosques diferentes, bajo distintas condiciones y situaciones, aplicando diferentes metodologías y posiblemente diferentes definiciones de daños y claros. En el Cuadro 12.2 se presenta un resumen de daños reportados en varios de estos estudios.



Cuadro 12.2 Resumen de efectos sobre la vegetación causados por el aprovechamiento convencional (AC) y el aprovechamiento de impacto reducido (AIR), con énfasis en operaciones en América Latina (continúa)									
Lugar/Fuente/Casos	Árboles extraídos			No. de árboles dañados por árbol talado		Claros por tala ⁴		Área en caminos (%)	
	Tamaño promedio/ árbol	No. de árboles/ ha	Área basal	Leve	Severo	m ² /claro	%	Caminos Vías arrastre Patios	
Malasia (1) AC		2%			35% ¹		30	9	
Indonesia (2) AIR, DMC=50 AIR DMC = 50 cm AC DMC = 60 cm		15 8-10 8-10		29% 15,4% 24,9%	27,1% 12,2% 19,7%		26,5 16,4 12,9	26 13,9 27,8	
Queensland, Australia (3)	5,6 m ³	6,6	4,9 m ²		22,2		22	5	
Paragominas, Brasil (4) ² AC	87 cm	8 (1,7%)	16%		15 (28%)			8	
Paragominas, Brasil (5) AC	5,9 m ³	6,4			27	445	28,5	14	
Paragominas, Brasil (6) AIR AC	79 cm (8,1 m ³) 72 cm (5,3 m ³)	4,5 5,6	2,2 m ² 2,3 m ²	5,6 t 3,7 e 7,5 t 5,8 e	8,6 t + 8,3 e ³ 14,6 t + 7,8 e ³	166 355	7,5 7,8	9,5 15,0	
Paragominas, Brasil (7) AIR AC	8,4 m ³ 7,1 m ³	3,0 3,7					10,9 21,6	0,6 1,2	0,6 0,9
Manaus, Brasil (8) AIR AC	8,1 m ³ 5,0 m ³	5 23			22,2% (AFC) 51,5% (AFC)		10,8 24,7	0,63 0,63	0,4 0,63
Surinam (9) AIR AIR con tala dirigida AIR con cable AC	53 cm 59 cm 62 cm 62 cm	12 11		12 15	22 t + 4,5 e 23 t + 12,6 e	115 121 141 249	6,4 7,3 6,8 14	6,9 7,3 5,6 15,2	



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Cuadro 12.2 Resumen de efectos sobre la vegetación causados por el aprovechamiento convencional (AC) y el aprovechamiento de impacto reducido (AIR), con énfasis en operaciones en América Latina (continuación)									
Lugar/Fuente/Casos	Árboles extraídos			No. de árboles dañados por árbol talado		Claros por tala ⁴		Área en caminos (%)	
	Tamaño promedio/árbol	No. de árboles/ha	Área basal	Leve	Severo	m ² /claro	%	Caminos Vías arrastre Patios	
Guyana (10) AIR (53% <i>Chlorocardium rodiei</i>) AC (sólo <i>Chlorocardium rodiei</i> , en manchas)	55,7 cm 56,4 cm	8 16 8 16			13 9 16 10	216 370 319 502		15,7 30,1 15,8 24,5 8 9 13 21	
Costa Rica, bajura (11) AIR			14,9%	5,6% ab	12,6% ab		15,5		
Costa Rica, altura (12) AIR			22,1% 29,3%	2,5% ab 5,8% ab	3,5% ab 4,1% ab				
Nicaragua (13) AIR AC	105 cm 82,5 cm	3,8 3,0			3,0 (>20 cm) 4,6 (>20 cm)	358 353	13,5 10,6	2,5 1,2	3,8 3,1
Guatemala (14) AIR	3,8 m ³	1,5	1,6%		14,3 (1,9% ab)	344	5	0,68	2,2

AFC = árboles de futura cosecha

ab = área basal

t = tala

e = extracción

Fuentes: (1) Wyatt-Smith y Foenander 1962 (2) Bertault y Sist 1995 (3) Crome et al. 1992 (4) Uhl y Vieira 1989 (5) Verissimo et al. 1992 (6) Johns et al. 1996 (7) Pereira et al. 2002

(8) FAO 1997 (9) Hendrison 1990 (10) Hout 2000 (11) Koppelman 1990 (12) Venegas y Lourman 2001 (13) Sabogal et al. 2001 (14) Marmillod y Gálvez (1997).

¹ incluye daños por construcción de caminos

² aprovechamiento en manchas

³ daños por tala en copa y fuste (por extracción principalmente en fustes)

⁴ tamaño del claro depende más del tamaño del árbol talado y del número de árboles por claro que del método de aprovechamiento



Hay que tener presente que la magnitud de los daños causados por un aprovechamiento mejorado tiene que ver con el tipo de bosque y el volumen a extraer, lo cual hace aún más difícil su comparación en regiones geográficas distintas. Así tenemos que, mientras que en Asia se extraen más de 100 m³/ha (Putz *et al.* 2000), en Paragominas (Brasil) no pasan de 30 m³/ha (Johns *et al.* 1996), 15 m³/ha en la zona norte de Costa Rica (observación personal) y apenas 5 m³/ha en los bosques de Guyana (Steege *et al.* 1996) y del Petén, Guatemala (observación personal). No obstante, en casos comparables, la literatura señala que el AIR causa daños menores en número de árboles remanentes dañados, en tamaño de claros individuales y/o en área bajo caminos. Sólo en el área total de claros creados por la tala, el aprovechamiento convencional (AC) puede tener un mejor desempeño, como en los casos de Guayana y Nicaragua. Esto se debe principalmente a que en el AC, los claros son formados por varios árboles, mientras que el AIR busca una mejor distribución de los árboles a talar y una reducción del número de árboles a talar por claro.

El Cuadro 12.2 muestra que los efectos del aprovechamiento en la vegetación pueden ser de diferentes tipos, aunque los más destacados son los efectos sobre los árboles remanentes y la remoción del dosel por tala o para la construcción de caminos. Ambos pueden influir en la fauna, el potencial productivo del bosque y los ciclos hídricos y de nutrientes. A continuación se describen en mayor detalle las dos formas de efectos. Otro aspecto importante que se desprende del cuadro es la necesidad de uniformizar los métodos de medir los efectos del aprovechamiento, para poder comparar los resultados entre diferentes estudios en diferentes sitios. En el Capítulo 13 se discutirán algunas pautas sobre monitoreo y control.

12.4.1 Efectos del aprovechamiento en los árboles remanentes

Los efectos sobre los árboles remanentes pueden ser positivos (mayor potencial de crecimiento), o negativos (reducción del crecimiento o mortalidad por daños durante la tala y/o extracción de la madera).

Cambios positivos

Los efectos positivos han sido estudiados por Camacho y Finegan (1997) en Costa Rica y Sabogal *et al.* (2001) en Nicaragua. Los últimos reportan un mejor estado silvicultural de los árboles de futura cosecha después del aprovechamiento. En Tirimbina, Camacho y Finegan (1997) mostraron que los tratamientos después del aprovechamiento aumentaron el crecimiento de los árboles comerciales, aunque ya 42% de esos árboles con dap>10 cm tenían buena iluminación después del aprovechamiento y antes de los tratamientos (Quirós y Finegan 1994). El crecimiento de estos árboles después del aprovechamiento (tratamiento testigo), sin embargo, no mostró diferencias en relación con el crecimiento dos años antes del aprovechamiento. La misma situación se manifestó en el conjunto de todos los árboles y en los grupos de árboles comerciales y de futura cosecha por aparte.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Venegas y Louman (2001) citan un estudio de Camacho en bosques de altura que compara el crecimiento de los árboles después de diferentes intensidades de aprovechamiento. A diferencia de los dos casos antes mencionados, el aprovechamiento en el bosque nuboso tenía principalmente fines silviculturales. A pesar de esta diferencia, sólo se reporta un aumento pequeño en el crecimiento de algunos de los árboles comerciales.

Los resultados de los tres estudios indican que, aunque en teoría el aprovechamiento puede influir en el crecimiento de los árboles remanentes y de futura cosecha, en la práctica no parece ser el caso. Lo anterior se puede explicar por el hecho de que el área afectada por claros en estos casos nunca superó el 25% del área total del bosque. Entonces, asumiendo una buena distribución espacial de los árboles, la mayoría de los árboles de futura cosecha no mostraron ningún efecto de los claros pero sí contribuyen al promedio del crecimiento. Por otro lado, Sabogal *et al.* (2001) sí encuentran un cambio en la dinámica del bosque, con mayor reclutamiento en las clases de latizales, el cual más que compensa las pérdidas por mortalidad. Un cambio similar en la dinámica del bosque se encontró en los bosques afectados por el huracán Mitch en el norte de Honduras, donde se observó un reclutamiento mayor que la mortalidad en claros nuevos (Acosta *et al.* 2001).

Cambios negativos

En el Cuadro 12.2 se muestra el número de árboles o el área basal dañada por el aprovechamiento. Algunos árboles se dañan durante la tala misma, otros durante las actividades extractivas. Johns *et al.* (1996) presentan mayor detalle de los daños causados durante las diferentes fases del aprovechamiento (Cuadro 12.3). Estos datos y los del Cuadro 12.2 muestran que AIR en general daña menos árboles que el AC y, con excepción de los daños causados por el movimiento del tractor de orugas cerca del tocón y entre tocón y patio, esta reducción alcanza hasta el 50% de los daños causados por el AC en el caso estudiado por Johns *et al.* (1996). El uso de un tractor de ruedas también logra reducir los daños cerca del tocón y entre tocón y patio, pero comparado con el número de árboles dañados con AIR, esta reducción es pequeña (6%).

La tala puede dañar tanto la copa como el fuste de los árboles, aunque los daños causados por las otras actividades se dan principalmente en el fuste. En cada fase del aprovechamiento se daña un número parecido de árboles (Cuadro 12.3). Revisando los daños causados por el aprovechamiento en diferentes partes del mundo, Sist (2000) concluye que la intensidad del aprovechamiento es un factor importante en la magnitud de los daños causados a los árboles remanentes. En Indonesia, las técnicas de AIR no son efectivas para reducir los daños, en relación con el aprovechamiento convencional cuando se aprovechan más de ocho árboles por hectárea.



Cuadro 12.3 Número de árboles dañados por hectárea en aprovechamientos planificados y no planificados, utilizando tractor de oruga para la extracción. Fazenda Sete, Paragominas, Pará, Brasil					
	Aprovechamiento planificado				
	Leve en copa	Severo en copa	Leve en fuste	Severo en fuste	Total
Tala	18,1	20,8	7,3	17,7	63,9
Área de tocón	0,9	0,1	3,1	6,6	10,7
Arrastre hasta patio	1,6	0,2	5,6	17,4	24,8
Construcción patio	0,06	0	0,16	3,4	3,6
Construcción caminos	2,7	0,76	2,6	9,0	15,1
Total	23,4	21,9	18,8	54,1	118,1
	Aprovechamiento no planificado				
	Leve en copa	Severo en copa	Leve en fuste	Severo en fuste	Total
Tala	25,8	41,4	16,2	40,9	124,3
Área de tocón	1,0	0	4,1	8,7	13,8
Arrastre hasta patio	2,5	0,3	8,9	12,7	24,4
Construcción patio	0,33	0,16	0,47	6,0	6,96
Construcción caminos	4,8	1,8	10,3	15	31,9
Total	34,4	43,7	40,0	83,3	201,4

Fuente: Adaptado de Johns *et al.* 1996

El número de árboles remanentes dañados y la magnitud de los daños determinan la reacción del bosque después del aprovechamiento. Si muchos árboles fueron dañados⁴, se podría presentar un fuerte crecimiento de especies heliófitas efímeras y durables. Generalmente los árboles pequeños resultan más afectados que los árboles con diámetros mayores (Wyatt-Smith y Foenander 1962, Putz *et al.* 2000). Así, los daños a árboles remanentes podrían causar un cambio en la composición florística y en la estructura del bosque. También se ha encontrado que un alto grado de daños alarga el periodo de recuperación del bosque debido a que la mortalidad es mucho mayor que el crecimiento y reclutamiento. Parte de la mortalidad puede deberse a que los árboles dañados son más susceptibles a organismos patógenos e insectos (Putz 1993 citado por Frumhoff 1995). Reducir los daños mediante la aplicación de técnicas de AIR podría facilitar la recuperación y mantener el ciclo de corta dentro de rangos aceptables (Sist 2000).

La revisión de literatura sobre impactos del manejo forestal en la diversidad biológica, elaborada por Putz *et al.* (2000), encontró que en muchas ocasiones la magnitud de daños a árboles remanentes puede afectar la fructificación de especies dioicas especialmente, debido al aumento de las distancias entre árboles para la polinización.

Los daños a árboles remanentes podrían causar un cambio en la composición florística y en la estructura del bosque.

⁴ Por ejemplo, en Papua Nueva Guinea se informa de hasta 70% de árboles remanentes dañados (Cameron y Vigus 1993).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Los daños también pueden causar un impacto económico directo. Con la tala dirigida se trata de evitar daños a individuos de especies comerciales y protegidas; con la tala convencional no se busca el sitio de caída más conveniente y, entonces, cualquier árbol resulta dañado. FAO (1997) muestra un caso en el que la reducción de daños a árboles de futura cosecha es de más de 50% (Cuadro 12.2); el mismo caso, sin embargo, también muestra que no es posible evitar todos los daños. Los árboles afectados significan una oportunidad perdida, pues se pierde la madera que ya se había formado; aún si los daños no ocurren en el fuste, el crecimiento del árbol se reduce y no alcanza dimensiones comerciales.

12.4.2 Remoción del dosel

La remoción del dosel ocurre por dos razones: la tala misma, que crea claros similares a los claros naturales, aunque generalmente son más grandes (Hendrison 1990), y la construcción de la red vial, que crea aberturas en el dosel y altera la superficie del suelo por la construcción misma (remoción y alteración del suelo) y el paso de maquinaria (compactación). Las alteraciones causadas por la red vial son más permanentes que los claros.

El efecto de los diferentes tipos de claros sobre la composición y diversidad de la vegetación fue estudiado por Delgado *et al.* (1997). Sus resultados muestran que, por ejemplo, las especies indicativas de sitios no disturbados casi sólo se encuentran en sitios con un sotobosque no disturbado, aunque también pueden encontrarse algunos individuos en claros y orilla de caminos. Por otro lado, las especies indicativas de disturbios ocurren con mayor abundancia en sitios que fueron caminos, aunque también se encuentran en sitios no disturbados. El número de especies en general fue menor en sitios de caminos que en claros y bosque no perturbado. En su estudio sobre la regeneración en las vías de arrastre, Hendrison (1990) encontró que la abundancia de la regeneración fue menor en vías con mayor compactación. Guariguata y Dupuy (1997) confirmaron estos resultados en su estudio de cuatro caminos forestales en sitios aprovechados de manera convencional en Costa Rica. Para los individuos con diámetros menores a 5 cm, ellos encontraron menos especies, una mayor dominancia de algunas especies y una mayor compactación en los caminos que en los bosques adyacentes. Con base en un levantamiento de datos estructurales de individuos con dap entre 5 y 20 cm, los mismos autores estimaron en 80 años el tiempo requerido para que la vegetación en los caminos recupere un área basal similar a la encontrada en un bosque no intervenido y con las mismas clases de tamaño, y aún más para recuperar su composición y diversidad florística.

Los efectos de los claros sobre todo el bosque, sin embargo, dependerán de la proporción del espacio que ocupan, en particular los causados por los caminos con mayor tránsito. El Cuadro 12.2 muestra que la proporción de claros causados por la construcción de la red vial se puede reducir considerablemente si se usan técnicas de AIR.



Delgado *et al.* (1997) muestran que los cambios en la vegetación de los claros creados por la tala son menores cuando se emplean técnicas de aprovechamiento de impacto reducido. Estudios en los bosques de Guyana muestran que en claros a partir de 800 m² aumenta la abundancia de especies heliófitas (Rose 2000); asimismo, los procesos hidrológicos, la descomposición y el ciclo de nutrimentos se ven afectados en claros de más de 400 m² (Dam 2001), aunque las consecuencias de estos últimos cambios probablemente aparezcan hasta mucho después del aprovechamiento. Webb (1998) también encontró que seis años después del aprovechamiento de un bosque de *Carapa* y *Pentaclethra* en Costa Rica, la composición florística en claros de varios árboles difiere de la composición en claros de árboles individuales en bosques no intervenidos, con una mayor dominancia de especies heliófitas en los claros más grandes. Aunque estos aspectos no han sido investigados en otros tipos de bosque, los resultados indican que se debe tener cuidado con el tamaño, así como con la forma de los claros. Dam (2001) recomienda asegurarse de que el ancho del claro no supere los 20 m.

El Cuadro 12.2 confunde un poco en cuanto al tamaño de los claros individuales. Por un lado, el estudio de Pereira *et al.* (2002) en Brasil confirma que el área total bajo claros creados por la tala puede ser menor si se usan técnicas de AIR (21,6% del área total de bosque intervenido después de una corta convencional, 10,9% después de AIR). No obstante, Hout (1999), en su estudio en Guyana, afirma que algunos claros grandes creados por un aprovechamiento convencional resultan en una menor área del bosque aclarada, debido a la concentración de árboles aprovechados en ciertos sitios, mientras que otros sitios quedan intocados. Así, según el autor, es mejor tener pocos claros formados por la tala de varios árboles vecinos, que varios claros pequeños creados por la tala de árboles individuales. Esta posición es poco recomendable por varias razones:

- 1) Los claros son los principales facilitadores de la dinámica del bosque tropical; es preferible estimular esa dinámica en toda el área para mejor simular la dinámica natural de estos bosques.
- 2) Los claros de mayor tamaño aumentan la probabilidad de cambios en la composición florística (Webb 1998, Rose 2000).
- 3) Los claros grandes influyen en el microclima (Dam 2001); por eso, las poblaciones de invertebrados pueden ser afectadas si el microclima no se restablece en poco tiempo (McGinley 2000).
- 4) Como consecuencia del punto anterior (aumento de la temperatura en claros grandes), en los bosques con claros grandes aumenta el riesgo de incendios forestales (Holdsworth y Uhl 1997).

El AIR puede hacer muy poco por reducir el tamaño de los claros de árboles individuales, ya que el claro depende principalmente del tamaño del árbol, tamaño de la copa y topografía (Sist 2000). La diferencia entre claros (Cuadro 12.2) probablemente se debe más al número de árboles talados por claro que a las técnicas de aprovechamiento empleadas. La corta de lianas antes del aprovechamiento es una actividad recomendada para reducir el número de árboles caídos durante la tala; sin embargo, su efecto depende de la densidad de las lianas. Sist (2000) encontró en Indonesia que la corta de lianas en un bosque con alta densidad (376 lianas/ha) tuvo efectos positivos, y negativos en un bosque con una densidad menor (189 lianas/ha). En la Amazonia oriental de Brasil, Vidal *et al.* (1998) reportaron resultados similares. El AIR puede contribuir a mantener bajo control el tamaño de los claros, pues durante el proceso de selección de los árboles a talar se busca que estos queden distribuidos en toda el área (ver Capítulo 3).

El tamaño y forma de los claros incide en el impacto del aprovechamiento sobre el bosque remanente.



12.4.3 Efectos del aprovechamiento en los productos no maderables

Un aspecto importante después de la apertura del dosel es la reacción de las plantas que producen bienes no maderables. Particularmente en ámbitos de manejo diversificado del bosque, hay que conocer este comportamiento antes de definir la intensidad de corta y la distribución de los árboles a cortar y, en consecuencia, el tamaño y distribución de los claros. Lo más probable es que estas plantas reaccionen de manera similar a otras plantas en el bosque; es decir que si no fueron dañadas o destruidas por la tala, mostrarán un aumento en el crecimiento vegetativo al ser expuestas a mayores cantidades de luz. Marmillod y Gálvez (1997), por ejemplo, encontraron en su estudio de impactos del aprovechamiento sobre el bayal (*Desmoncus* sp.) en Guatemala que las poblaciones pierden algunos tallos maduros por daños directos del aprovechamiento, pero se recuperan rápidamente mediante formación de retoños y mayor crecimiento de tallos al mejorar las condiciones de luz. Un comportamiento similar se encontró para las especies de bambú (*Chusquea* spp.) en el bosque nublado de Talamanca, Costa Rica (Berner 1989).

Sin embargo, no necesariamente es el crecimiento vegetativo lo que uno busca en las plantas de productos no maderables. Para el hombre grande (*Quassia amara*), por ejemplo, se encontró que la regeneración y crecimiento vegetal responden bien a una mayor iluminación (Villalobos *et al.* 1997), y que en Talamanca, sur-este de Costa Rica, las intervenciones humanas tenían una influencia positiva sobre la abundancia y dinámica de las poblaciones (Villalobos *et al.* 1995). No obstante, la producción de cuasina y neocuasina, componentes utilizados para la elaboración de insecticidas naturales, parece reducirse a favor de la producción vegetativa en sitios con condiciones óptima para el desarrollo vegetativo del hombre grande (Villalobos 1995).

Como lo demuestran los ejemplos del bayal, bambú y hombre grande, el aprovechamiento de madera puede ser compatible con el aprovechamiento (y manejo) de productos no maderables. Sin embargo, para reducir los impactos negativos sobre estos productos, hay que definir en detalle las características del producto requerido, ya que estas pueden cambiar con la apertura del dosel que el aprovechamiento de madera crea.

12.4.4 Madera muerta

La madera muerta cumple un papel importante en los procesos ecológicos del bosque pues es un eslabón en el ciclo de carbono y de nutrientes, es fuente de alimento y ofrece hospedaje a muchos insectos y animales y a otros organismos. En algunos países templados se están implementando medidas que mantienen o aumentan la masa de madera muerta en el bosque manejado. En Suecia, por ejemplo, se pueden observar áreas de tala rasa de hasta 4,5 ha, donde algunos árboles fueron cortados a 5 m de altura para dejar fustes muertos que alberguen insectos importantes para la descomposición y polinización (observación personal).



En países con un clima más seco, o una época seca prolongada, la madera muerta puede ser fuente de combustible para incendios. Aunque los incendios son fenómenos naturales y en estos países pueden ser parte integral de la dinámica del bosque, sus efectos sobre el ecosistema pueden ser desastrosos, particularmente cuando aumenta la frecuencia e intensidad de las conflagraciones. Entre los efectos directos de los incendios están la pérdida de vegetación y nutrientes (Bruijnzeel y Critchley 1994) -mayor en cuanto más intenso sea el incendio pues se queman combustibles más energéticos (por ejemplo madera versus ramas y hojas). Cuando aumenta la frecuencia de incendios, se reduce el periodo de recuperación de la composición, estructura y biomasa de la vegetación original; se inicia, entonces, un proceso de sucesión ‘desviada’ hacia una vegetación mejor adaptada a los incendios u otros disturbios frecuentes, pero muy diferente a la vegetación original (Louman 1987, Holdsworth y Uhl 1997).

El aprovechamiento generalmente no aumenta la frecuencia de los incendios, por lo menos no en forma directa. Lo que puede pasar -y a menudo ocurre en los países latinoamericanos- es que la construcción de la red vial facilita el acceso al bosque a otras personas que, ante la ausencia de un buen control, inician incendios por razones agrícolas o de caza (Uhl y Buschbacher 1985). Por otro lado, una vez que un incendio ha sido provocado en forma natural o antropogénica, la acumulación de madera muerta provee más material combustible que facilita la ocurrencia de nuevos incendios y más intensos, que podrían causar la muerte de muchos árboles remanentes. Este efecto puede darse de 6 a 15 días después del aprovechamiento, pero la susceptibilidad disminuye con la recuperación de la vegetación en los claros. En claros grandes ($>700 \text{ m}^2$), la susceptibilidad es mayor que en claros medianos ($200\text{-}700 \text{ m}^2$) debido a la mayor disponibilidad de energía solar (Holdsworth y Uhl 1997).

Otro de los efectos de la acumulación de materia muerta, particularmente las copas, es un mayor lavado de nutrientes (Steege *et al.* 1996). La magnitud del lavado depende, sin embargo, de la precipitación, las características del suelo y de la cercanía de las raíces de otros árboles que podrían absorber los nutrientes.

El aprovechamiento convencional puede dejar más de 25% del volumen aprovechable en el bosque, lo que en Brasil significa hasta $8 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Gerwing *et al.* 1996). Aunque esto es una pérdida significativa de ingresos, en términos de materia muerta es poco en comparación con las 56 a 180 toneladas de materia muerta que dejan los daños del aprovechamiento (Putz *et al.* 2000). Ambos se pueden reducir por medio de prácticas de AIR.

En esta sección hemos:

- Ilustrado los efectos sobre la vegetación causados por el aprovechamiento convencional y el aprovechamiento de impactos reducido con énfasis en operaciones en América Latina.
- Indicado que la magnitud de los daños causados por el aprovechamiento mejorado tiene que ver con el tipo de bosque y el volumen a extraer.
- Descrito los efectos más destacados del aprovechamiento en la vegetación:
 - en los árboles remanentes
 - remoción del dosel
 - en los productos no maderables
 - madera muerta



12.5 Cambios en las poblaciones de la fauna

Los efectos del aprovechamiento sobre las poblaciones de la fauna han sido mucho menos estudiados, básicamente por las dificultades que entraña establecer el estado y la dinámica de una población de animales con suficiente confiabilidad como para detectar cambios reales en la población. Otra razón es que los efectos sobre la fauna son mucho menos visibles que los efectos sobre la vegetación. A pesar de la escasez de estudios con resultados claros sobre los efectos del aprovechamiento en la fauna, se han podido establecer dos tipos de efectos principales: 1) efectos directos causados por el aumento de la caza para consumo y comercio, como consecuencia del mejor acceso al bosque; 2) efectos indirectos causados por cambios en los hábitats y en la disponibilidad de alimento para los animales. Los primeros efectos afectan principalmente a poblaciones de algunas especies de vertebrados; los segundos afectan, además de los vertebrados, a poblaciones de invertebrados (McGinley 2000, Putz *et al.* 2000) y aves insectívoras (Frumhoff 1995, Fredericksen 1998).

12.5.1 Efectos directos

La influencia del aprovechamiento sobre las poblaciones de mamíferos, aves y reptiles fue estudiada extensivamente por investigadores relacionados con el proyecto BOLFOR en el oriente de Bolivia. Rumiz *et al.* (1998) resumen los resultados de estos estudios, indicando que los impactos directos pueden ser por la cacería para la alimentación por parte de los trabajadores forestales o para la comercialización como mascotas. Los dos tipos de cacería afectan a diferentes grupos de animales, como dantas (*Tapirus terrestris*), huasos (*Mazama americana*) y mutunes (*Mitu tuberosa*), especies apreciadas por su carne y que ya han desaparecido de los alrededores de aserraderos y campamentos forestales. Por otro lado, algunas aves (las del género *Ara*) y monos (como el *Ateles chamek*) son muy buscados como mascotas o para usos de laboratorio. A menudo, los cazadores utilizan los mismos vehículos del aprovechamiento forestal para llevar sus cosechas al mercado (Frumhoff 1995).

12.5.2 Efectos indirectos

Los efectos indirectos pueden ser negativos (reducción de las poblaciones de ciertas especies) o positivos (aumento de la riqueza y abundancia de algunas especies). Estos últimos efectos, sin embargo, puede que no sean tan positivos, ya que a menudo un aumento en la abundancia de una especie, o la introducción de especies nuevas, puede significar el reemplazo de especies propias de los bosques no intervenidos (Frumhoff 1995). Esto ha sucedido con algunas mariposas en África y polillas en Malasia (Frumhoff 1995), aunque en los bosques de la zona norte de Costa Rica (Aguilar 1999) y en Petén en Guatemala (Jolón 1999) no se logró establecer reducciones en abundancia ni en el número de especies de mariposas típicas de los bosques no intervenidos.

Los animales silvestres son afectados por el aprovechamiento, ya sea por pérdida de fuentes de alimento, nichos o por ingreso de cazadores.



El aprovechamiento puede afectar a la fauna por su efecto sobre la vegetación. Aparte de reducir la abundancia de plantas útiles como fuentes de alimentación, también puede alterar los microambientes y cambiar el hábitat o la calidad y cantidad de alimentos producidos. Un cambio así, afecta principalmente a las especies de animales que dependen de una o pocas especies de la flora para su alimentación, o bien a muchas especies animales cuando faltan plantas que son muy apreciadas por varios grupos de animales. La especie *Manilkara huberi* es un ejemplo de una planta maderable amazónica que produce frutos consumidos por muchos animales (Uhl y Viera 1989). *Ficus* spp. a menudo producen frutos en periodos de escasez de otros recursos alimentarios (Frumhoff 1995, Rumiz *et al.* 1998). Otras especies importantes para la alimentación de los animales son las palmeras *Attalea phalerata*, *Euterpe precatoria*, *Astrocaryum* sp. y *Acrocomia aculeata* y árboles de los géneros *Spondias*, *Hymenaea*, *Brosimum* (Rumiz *et al.* 1998). Las lianas también pueden cumplir con un papel importante en la alimentación de ciertas especies de primates (Vidal *et al.* 1998).

La cosecha o tala de individuos de estas especies puede tener efectos marcados sobre la fauna. Estos efectos pueden ser temporales, si la especie es abundante o muestra buena regeneración, y si además existen refugios cercanos donde los animales pueden permanecer mientras el bosque intervenido se recupera. Experiencias con un aprovechamiento silvicultural de hasta 30% del área basal en el bosque nuboso de Villa Mills, Costa Rica indicaron que los roedores casi desaparecieron durante varios años después del aprovechamiento (Lanzewitzki 1991), pero volvieron después, probablemente porque el sitio aprovechado era pequeño y los bosques alrededor no fueron afectados por el aprovechamiento. La presencia de dantas (*Tapirus bairdii*) tampoco resultó afectada por el aprovechamiento. Los animales que consumen partes de muchas especies diferentes (la danta entre ellos) generalmente son menos susceptibles a cambios en la composición florística o en la diversidad (Rumiz *et al.* 1998).

Otro efecto indirecto puede ser la eliminación de hábitats de plantas o insectos. Los cambios en el dosel superior pueden afectar a insectos susceptibles a variaciones en el microclima (luz, viento, humedad) y así afectar a aves insectívoras (Frumhoff 1995), pero también a los insectos polinizadores de especies arbóreas, con lo que se reduce la fructificación de estas especies y, en consecuencia, la reproducción de las especies y las fuentes de alimento de los animales que dependen del fruto de esos árboles (Terborgh 1992). Igual que en el caso anterior, estos efectos pueden ser temporales si los insectos no son especialistas –sea en alimentación o en hábitat– o si logran desplazarse a bosques cercanos no intervenidos.

Los efectos en la fauna también dependen de las necesidades de espacio de los diferentes animales. Una colonia de hormigas puede sobrevivir en menos de 100 m² como unidad reproductiva; un jaguar necesita hasta 5000 ha (Terborgh 1992). Así, las actividades de aprovechamiento pueden eliminar una colonia de hormigas en un lugar, pero dejar colonias intactas en otros. El mismo aprovechamiento, sin embargo, podría reducir el territorio del jaguar en varios cientos de hectáreas si se realiza al margen de su territorio, pero si el área aprovechada forma una barrera para pasar a otras partes de su territorio, la reducción se vuelve crítica.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Los cambios en la hidrología de un sitio también pueden afectar a la fauna. Los sitios húmedos a menudo son visitados por diferentes especies, ya sea porque hay depósitos de minerales (¿quién no ha visto la acumulación de mariposas cerca de charcos en caminos forestales?), o por la presencia del agua misma.

En general, es importante tener fuentes de alimento cerca de las fuentes de agua, aunque algunas especies de mamíferos necesitan desplazarse entre diferentes tipos de hábitats para asegurar su alimentación durante todo el año (Rumiz *et al.* 1998). En consecuencia, si hay cambios en uno de los hábitats frecuentados, el efecto se sentirá en otros hábitats también (Frumhoff 1995).

Las especies adaptadas a hábitats con disturbios naturales severos, como los bosques del norte de Honduras adaptados a la ocurrencia de huracanes, probablemente son menos susceptibles a los cambios, que las especies de bosques donde el único disturbio natural es la caída de árboles muertos (Frumhoff 1995).

Por la variedad de efectos indirectos que el aprovechamiento puede tener sobre la fauna, es difícil predecir exactamente cuáles van a ser los efectos de un aprovechamiento particular en un sitio específico. En general, sin embargo, se debe aplicar el principio precautorio: para mantener las características de las poblaciones de fauna dentro de límites aceptables, durante el aprovechamiento se deben proteger las fuentes de agua, los sitios húmedos, franjas de vegetación intacta alrededor de estos sitios y hábitats similares a los que existían antes de las intervenciones. Además, es recomendable controlar la cacería y mantener sitios donde los animales puedan refugiarse durante el aprovechamiento.

En esta sección hemos:

- Explicado los efectos principales que el aprovechamiento causa sobre la fauna:
 - efectos directos causados por el aumento de la caza para consumo y comercio
 - efectos indirectos causados por cambios en los hábitats y en la disponibilidad de alimento para animales.

12.6 Mitigación de impactos

En las secciones anteriores se discutieron los efectos del aprovechamiento sobre diferentes componentes del bosque: el microclima, los ciclos hídricos, de nutrientes y de carbono, el suelo, la vegetación y la fauna. Se indicó que los efectos son variados y pueden ser reversibles bajo ciertas condiciones, pero un efecto sobre un componente también puede causar efectos negativos sobre otros, y así empezar una cadena de efectos que resultará en la degradación permanente del bosque. Como degradación se entiende cuando el bosque ya no es capaz de cumplir con sus funciones productivas y reproductivas y cuando pierde integridad y capacidad de recuperarse de las intervenciones.

Impacto ambiental del aprovechamiento

De las actividades de aprovechamiento discutidas, las dos más notables son la creación de claros por la tala y por la construcción de la red vial y la compactación de los suelos por el arrastre con maquinaria pesada. Estas actividades, mal planificadas y ejecutadas, pueden causar efectos negativos severos y de largo plazo. Sin embargo, se ha demostrado que el uso de técnicas de aprovechamiento de impacto reducido puede disminuir los efectos hasta niveles de recuperación en un tiempo razonable (10 a 15 años para ciclos de nutrientes, suelos y funciones ecológicas en claros), dependiendo de lo que se hace en el bosque después del aprovechamiento.

A continuación presentamos algunas de las acciones más importantes que se deben realizar antes, durante y después del aprovechamiento, para asegurar la reducción de impactos.

12.6.1 Mitigación de impactos en los claros

Los claros son una parte esencial en la dinámica del bosque (Webb 1998). Si la frecuencia de claros aumenta, también aumenta la dinámica del bosque; pero si el tamaño de los claros aumenta, los efectos se manifiestan en el microclima, en la estructura y la composición florística del bosque, en el lavado de nutrientes, en la acumulación de agua en ciertos sitios y en el riesgo de daños por incendios. Estos efectos también pueden reflejarse en las poblaciones de fauna, en particular de insectos y animales insectívoros. Los efectos negativos de los claros grandes son mayores en bosques adaptados a disturbios naturales frecuentes pero de escala pequeña. Si aumenta la frecuencia de claros grandes en bosques habituados a disturbios fuertes, como los afectados por huracanes en Honduras, o por incendios en Guatemala, se reduce su capacidad de recuperación de los disturbios naturales y antropogénicos. Un estudio de la recuperación de sitios después del paso del huracán Mitch en Honduras mostró, por ejemplo, que la presencia de árboles semilleros es determinante en la recuperación de la composición florística (Acosta *et al.* 2001). Los disturbios grandes y frecuentes podrían reducir el número de semilleros disponibles para la regeneración en los sitios disturbados.

En general, entonces, se recomienda mantener el tamaño de los claros dentro de límites aceptables; pero, ¿cuáles límites son aceptables?, y ¿cómo asegurarnos de que no sean traspasados? Hay pocos estudios sobre el tamaño óptimo de los claros, pero lo que sí sabemos es que el tamaño varía con el sitio. Los estudios del programa TROPENBOS en Guyana indican que aparte del tamaño, también la forma es importante (Dam 2001, Rose 2000). Los bosques de Guyana crecen sobre terrenos arenosos y están formados por árboles de lento crecimiento, con semillas grandes dispersadas por mamíferos. Los autores recomiendan crear claros con un tamaño máximo de 400 m² para evitar cambios en las características del microclima y de los ciclos de nutrientes y agua (Dam 2001), aunque la regeneración se ve afectada a partir de 800 m², principalmente por la mayor proporción de especies pioneras (Rose 2000). Tan importante como el tamaño es el radio de apertura: a partir de 10 m desde el borde comienzan los efectos negativos sobre el ambiente. Entonces, puede ser más importante no aumentar el ancho del claro a más de 20 m, que reducir el tamaño total a menos de 400 m².



Los claros, naturales o antropogénicos, son esenciales para mantener la dinámica del bosque.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Por otro lado, revisando los datos del Cuadro 12.2, uno se da cuenta de que el tamaño promedio de los claros rara vez sobrepasa esta superficie, tanto en AIR como en aprovechamientos convencionales. En la práctica, sin embargo, muchas veces se encuentran claros de mayor tamaño, causados principalmente por la tumba de varios árboles vecinos. La buena planificación de la tala, de tal forma que cada claro sea causado por un solo individuo, y la distribución de los claros en toda el área de corta son condiciones básicas para evitar aperturas de gran tamaño.

El movimiento del ‘*skidder*’ cerca del tronco durante la preparación para el arrastre a menudo agranda el claro. Esto se puede evitar utilizando un cable, preferiblemente colgado de una torre armada en el ‘*skidder*’.

La reducción del tamaño del claro podría tener, sin embargo, consecuencias negativas: un mayor número de árboles dañados por la tala, ya que cada árbol talado caerá dentro de áreas de bosque aún no intervenido. No obstante, si empleamos técnicas de tala dirigida lograremos orientar el árbol hacia el sitio de menor densidad, o donde haya menos individuos de futura cosecha o de especies protegidas. Aunque el daño a los árboles remanentes puede ser considerable, aún aplicando técnicas de AIR, generalmente el bosque se recupera de estos daños, siempre que no se concentren en un solo sitio y no contribuyan a una mayor apertura de los claros.

La corta de lianas antes del aprovechamiento puede ayudar a reducir los daños, particularmente en bosques con alta densidad de lianas, con lo que se reduce el número de árboles jalados por el árbol talado. Sin embargo, hay que considerar la importancia de algunas de estas lianas para la fauna o como producto no maderable para los pobladores locales (Vidal *et al.* 1998). En las Guayanas, por ejemplo, lianas de los géneros *Heteropsis* y *Clusia* son muy apreciadas para la elaboración de artesanías y muebles respectivamente.

12.6.2 Red vial

Los datos de impactos sobre el bosque presentados en el Cuadro 12.2 muestran que la red vial puede causar aperturas considerables, pero también que estas aperturas se pueden reducir a la mitad aplicando técnicas de AIR. El Capítulo 4 entra ampliamente en la planificación de la red vial, la principal técnica que ayuda a reducir la superficie bajo caminos.

Los problemas principales de los caminos son su ubicación (pendiente, cercanía a cursos de agua); su compactación que no permite una regeneración prolífera, reduce la tasa de infiltración y aumenta el riesgo de erosión; la apertura misma, que permite la entrada de otras especies más competitivas, o bloquea el paso a algunas especies de la fauna, obstaculizando su desplazamiento entre diferentes hábitats y creando efectos de fragmentación del bosque. A menudo, los caminos también facilitan el acceso a personas ajenas al manejo forestal, lo que puede generar mayor cambio de uso y mayor frecuencia de incendios y caza.

La reducción de áreas bajo caminos es la más beneficiosa de las medidas de mitigación de impactos. En el diseño de la red vial es importante tomar en cuenta no sólo los

Impacto ambiental del aprovechamiento

caminos y vías de extracción para la cosecha actual, sino también garantizar que las vías principales sirvan para próximas cosechas. El drenaje de los caminos y vías debe cuidarse durante y después del aprovechamiento; hay que tratar de reducir el paso de maquinaria sobre las vías de arrastre hacia los tocones para reducir la compactación.

Por supuesto, las formas de extracción y arrastre que casi no requieren de la construcción de una red vial, como helicópteros, globos o tracción animal, reducen los impactos de la red vial a un mínimo (ver Capítulo 6).



12.6.3 Arrastre

El arrastre controlado se discute en detalle en el Capítulo 6 (Sección 6.4). Es importante tener presente que la selección del equipo de arrastre puede ayudar a reducir los impactos sobre el ambiente. Los tractores de oruga causan menos compactación que los tractores de ruedas, aunque es posible conseguir llantas especiales o utilizar llantas menos infladas para reducir el peso por centímetro cuadrado de contacto con el suelo. Esta técnica, sin embargo, puede causar un desgaste acelerado de las llantas.

La compactación del suelo causada por la extracción y arrastre es un impacto serio que debe mantenerse bajo control.

El arrastre con bueyes también pueden causar una compactación considerable, pero por lo general, la superficie compactada es menor que con tractores. El uso de tractores puede causar mucho daño a los árboles remanentes. Si se usan cables y poleas para el arrastre, el daño se reduce, así como el área bajo vías de arrastre. Extraer fustes de menor tamaño también reduce los daños a los árboles remanentes, pero aumenta la compactación, ya que se incrementa el número de viajes sobre las vías de arrastre. Si la red vial es permanente, esta podría ser una opción, pero hay que considerar los costos adicionales que significa extraer trozas en vez de fustes.

12.6.4 Protección del recurso hídrico

Los recursos hídricos se ven directamente afectados por la contaminación que ocurre cuando la escorrentía llega a los cursos de agua llevando nutrimentos, sedimentos y hasta desechos del aprovechamiento. La apertura del dosel sobre o cerca de los cursos puede afectar la calidad del agua, pues la temperatura aumenta y con ella, la respiración de los organismos en el agua, lo que reduce la concentración de oxígeno por lo que los peces podrían morir.

Por estas razones es importante mantener una franja de bosque no intervenido alrededor de los cuerpos de agua. Esta franja de protección permite la infiltración de la escorrentía antes de llegar al curso, aumenta la evapotranspiración y reduce la cantidad de sedimentos, nutrimentos y otros contaminantes que podrían llegar al río o quebrada. El tamaño óptimo de esta franja aún no está claramente establecido, pero depende de la pendiente, el tipo de suelo y de vegetación y puede variar de 10 a 50 m (Stadtmüller 1994, Obando 2001).



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Aparte de las franjas, un buen sistema de drenaje también ayuda a reducir la escorrentía y la cantidad de sedimentos que llegan a los cursos hídricos. Además, la revegetación de las vías de arrastre después del aprovechamiento y la reducción de movimientos de suelo durante la construcción de caminos y el arrastre contribuyen a reducir la escorrentía y la erosión.

En esta sección hemos:

- Presentado algunas de las acciones más importantes que se deben realizar antes, durante y después del aprovechamiento para asegurar la reducción de impactos:
 - mitigación de impactos en los claros
 - red vial
 - arrastre
 - protección del recurso hídrico

12.7 Los estándares de manejo forestal y la reducción de impactos

La certificación forestal es uno de los instrumentos más reconocidos a nivel internacional para evaluar los impactos del aprovechamiento sobre el ambiente. El principio 6 del esquema del FSC busca evaluar la certificación mediante **criterios**, que son como los objetivos específicos del manejo, e **indicadores**, los cuales se elaboran a través de un proceso participativo a nivel de una región, país o tipo de bosque. El FSC ha establecido los criterios que deben ser cumplidos por el manejo forestal para que sea reconocido como buen manejo.

La certificación forestal permite valorar y controlar los impactos negativos del aprovechamiento.

El criterio 6.3 del FSC es de importancia particular para el aprovechamiento: “*Las funciones ecológicas vitales deberán mantenerse intactas, aumentarse o reponerse. Estas incluyen: a) la regeneración natural y la sucesión de los bosques; b) la diversidad genética de las especies y de los ecosistemas; c) los ciclos naturales que afectan la productividad del ecosistema forestal*” (FSC 2000). En Costa Rica, este criterio se modificó para dar énfasis a la diversidad genética necesaria para mantener las funciones de producción; además se agregaron las funciones y procesos del sistema natural de drenajes (CNCF 1999). Para evaluar el desempeño del manejo en relación con este criterio, se definieron 12 indicadores: cuatro se refieren directamente al aprovechamiento y los otros ocho al marco silvicultural del aprovechamiento (Recuadro 12.1).

Tres preguntas obvias son: *¿Ofrecen estos indicadores suficiente información sobre el aprovechamiento como para poder decir que se trata de un AIR?, ¿Ofrecen los indicadores suficiente información como para afirmar que las funciones ecológicas se mantienen?; o al revés, ¿Contribuyen las prácticas de AIR a cumplir con los estándares del manejo forestal sostenible?*



En el contexto de este documento no es factible, ni apropiado, pretender evaluar el estándar. Además, ya se realizó una evaluación de los criterios e indicadores ecológicos del estándar de Costa Rica, la cual concluyó que el estándar funciona bastante bien en la evaluación del desempeño de las actividades, pero que se podría mejorar la evaluación directa de los impactos. Los métodos empleados para esa última evaluación, sin embargo, son demasiado caros o laboriosos como para poder aplicarlos en forma eficiente dentro del contexto de la certificación y el monitoreo frecuente (McGinley y Finegan 2002). Las dificultades del monitoreo y evaluación, y la determinación de los aspectos del aprovechamiento a los que debe darse seguimiento, serán discutidos en detalle en el Capítulo 13.

Recuadro 12.1

Indicadores del Criterio 6.3 de los Estándar de Manejo Forestal de Costa Rica

Criterio 6.3 El manejo deberá orientarse a mantener las funciones ecológicas vitales del ecosistema forestal. Estas incluyen:

- a. La regeneración natural y la sucesión
- b. La diversidad genética suficiente para mantener el sistema de producción
- c. Los procesos naturales que afectan la productividad del ecosistema forestal
- d. Las funciones y procesos del sistema natural de drenajes

Indicadores:

- 6.3.1 Los tratamientos silviculturales, si se aplican, mantienen la estructura disetánea del bosque.
- 6.3.2 La intensidad del aprovechamiento y los tratamientos silviculturales se determinan proporcionalmente a la abundancia de cada especie. La intensidad del aprovechamiento no superará el 60% del número de árboles por especie con un diámetro a la altura del pecho (dap) igual o mayor a 60 cm. Para las especies que no alcanzan un dap de 60 cm, se tomará un dap de referencia menor, previa justificación técnica.
- 6.3.3 La tasa de cosecha de productos forestales no excede la tasa de crecimiento del recurso.
- 6.3.4 Existen medidas de mitigación para evitar la erosión hídrica y la alteración del sistema natural de drenajes.
- 6.3.5 Se distribuye proporcionalmente el número de árboles de la cosecha entre el mayor número de especies actualmente comerciales.
- 6.3.6 El profesional podrá determinar el ciclo de corta en función de la información disponible sobre crecimientos de los bosques naturales y tomando en cuenta la dinámica particular del bosque.
- 6.3.7 En bosques intervenidos no se ejecutan aprovechamientos antes de 15 años de la última intervención.
- 6.3.8 Las especies con una abundancia menor a un árbol cada tres hectáreas (0,3 árboles por hectárea), según el inventario preliminar de los árboles



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

con dap mayor o igual a 30 cm, se consideran como poco frecuentes en el ecosistema y no se pueden aprovechar.

- 6.3.9 Los árboles con dap igual o mayor a 60 cm de las especies vedadas y restringidas se marcan en el campo y se ubican en el mapa. Estos cumplen la función de árboles semilleros, pero no están contemplados dentro del 40% de los árboles portadores (AP), reservados en el aprovechamiento.
- 6.3.10 Los árboles secos en pie y caídos podrán ser aprovechados si se justifica técnicamente que su remoción no afecta negativamente las funciones ecológicas del bosque.
- 6.3.11 En la ejecución del aprovechamiento y el manejo se procura el mínimo impacto en el vuelo, suelo y agua que contempla los siguientes aspectos y correspondientes niveles aplicables:
- a) El área de claros ocasionada por la corta no sobrepasa el 15% del área definida como bosque productor.
 - b) El área de patios de acopio no ocupa más del 1%, del área de bosque productor.
 - c) Los caminos primarios, por los que circulan camiones, no ocupan más del 2% del área de bosque productor; asimismo, las rondas de estos caminos no sobrepasan el 2% de dicha área. Estos caminos tienen pendientes menores al 20% y tienen las obras de conservación necesarias para minimizar la erosión y los daños al suelo y aguas. Al concluir la operación se asegura el mantenimiento de los caminos primarios con las medidas necesarias para evitar la erosión.
 - d) Los caminos secundarios, donde circula el tractor o 'skidder', no sobrepasan el 8% del área de bosque productor. En estos caminos no existen pendientes mayores al 40% y los pasos de agua son funcionales. Al final de la operación, estos caminos se clausuran y se toman medidas para evitar la erosión y restituir las funciones y procesos del sistema natural de drenajes.
 - e) Las pistas de arrastre ocupan un máximo de 3% del área de bosque productor.
 - f) En todo caso, la sumatoria del impacto del aprovechamiento no sobrepasará el 25% del área efectiva.
 - g) El muestreo (diagnóstico y silvicultural) después del aprovechamiento mostrará que la combinación del aprovechamiento más los daños no sobrepasa el 15% del área basal original.
- 6.3.12 Las operaciones de arrastre mecanizadas utilizarán únicamente cables; el tractor o 'skidder' no saldrá de las pistas.

Fuente: (CNCF 1999)

Para contestar la última pregunta, ¿Contribuye el AIR a cumplir con los estándares en términos de reducción de impactos?, revisemos los indicadores que se refieren al aprovechamiento.



Indicador 6.3.4 Medidas de mitigación contra la erosión hídrica

Aquí es importante aplicar las prácticas de planificación y construcción de caminos (Capítulo 4), asegurando una buena ubicación de los caminos (cimas, pendientes moderadas, alejados de cursos de agua) e instalando los sistemas de drenaje recomendados. Las actividades de cierre de caminos (Capítulo 8) también ayudan a cumplir con este indicador. En el criterio 6.3 no se menciona la necesidad de mantener franjas de protección a los cursos de agua; sin embargo, está implícitamente incorporado en este indicador pues, como vimos anteriormente, estas franjas ayudan a reducir la escorrentía que llega a los cuerpos de agua, y así ayudan a reducir la erosión hídrica y sus efectos.

Indicador 6.3.10 Corta de madera muerta

La presencia de madera muerta en el bosque es un aspecto importante para las funciones ecológicas del bosque, razón por la cual siempre debe quedar madera muerta en los bosques aprovechados. El AIR no provee lineamientos que justifiquen su corta, pero el censo y el mapa de ubicación de árboles censados (Capítulo 3) proveen un instrumento útil para ubicar los árboles muertos e incorporarlos en la planificación del aprovechamiento de manera conciente. La extracción de árboles muertos es de particular importancia en bosques sujetos a incendios forestales y/o huracanes o cuando se trata de maderas preciosas. Sin embargo, es más un asunto de planificación del marco general de manejo que del aprovechamiento.

Indicador 6.3.11 Reducción de impactos al vuelo, suelo y agua

Este es el indicador más directamente relacionado con la aplicación del AIR. El Cuadro 12.2 muestra que el AIR no necesariamente resulta en una menor área de claros, pero que la planificación del aprovechamiento (Capítulo 3) permite asegurar que no se sobrepasen los límites establecidos.

El AIR sí contribuye sustancialmente a reducir el área bajo caminos. Como se aprecia en el Cuadro 12.2, los márgenes dados por el indicador (1% para patios de acopio, 4% para caminos primarios y secundarios según la definición en Capítulo 4, y 11% para las vías de arrastre) se cumplen con el AIR, y podrían aún bajarse. En todos los casos de AIR (excepto el aprovechamiento de 16 árboles por hectárea en Guyana) se logra mantener la sumatoria de las aperturas en el bosque dentro del 25%, y el área basal eliminada dentro del 15% sugerido en el estándar de Costa Rica.

Indicador 6.3.12 Uso de cables

Este es un asunto de planificación de caminos y capacitación del personal que implícitamente está incorporado en el AIR (ver capítulos 3 y 6), aunque no necesariamente el AIR implica un uso de 100% de cables.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Con esta breve comparación del estándar costarricense y los lineamientos del AIR podemos concluir que el AIR contribuye sustancialmente a cumplir con el estándar, y que, además, el estándar evalúa los aspectos del AIR que más podrían causar daños (creación de claros, árboles remanentes dañados, área bajo caminos), y que, por ende, los lineamientos del AIR ayudan a reducir los daños al vuelo, suelo y agua.

En esta sección hemos:

- Revisados los indicadores del Estandar de Manejo Forestal de Costa Rica referidos al aprovechamiento.
- Concluido que el AIR contribuye sustancialmente a cumplir con el estándar.

12.8 Bibliografía

- Acosta, L; Louman, B; Galloway, G. 2001. Regeneración de especies arbóreas después del huracán Mitch en bosques manejados de la costa Norte de Honduras. *Revista Forestal Centroamericana* 34:61-65.
- Aguilar, NA. 1999. Criterios e indicadores de sostenibilidad ecológica: caracterización de la respuesta de dos grupos de insectos propuestos como verificadores. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 74 p.
- Armstrong, S; Inglis, CJ. 2000. RIL for real: introducing reduced impact logging techniques into a commercial forestry operation in Guyana. *International Forestry Review* 2(1):17-23.
- Berner, P. 1989. Canopy gaps in a tropical montane oak-bamboo forest in Costa Rica. Supplement to the *Bulletin of the Tropical Ecological Society of America (EE.UU.)* 70(2):62.
- Bertault, J-G; Sist, P. 1995. The effects of logging in natural forests. *Bois et Forêts des Tropiques* 245:5-20.
- Bruijnzeel, LA; Critchley, WRS. 1994. Environmental impacts of logging moist tropical forests. Paris, Francia, UNESCO. 48 p. (IHP Humid Tropics Programme Series no. 7).
- Brünig, EF. 1996. Conservation and management of tropical rainforests: an integrated approach to sustainability. Wallingford, England, CAB International. 339 p.
- Camacho, M; Finegan, B. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: el crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial. Turrialba, CR, CATIE. 38 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 295; Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 11).
- Camaron, AL; Vigus, TR. 1993. Regeneration and growth of the moist tropical forest in Papua New Guinea and the implications for future harvest. A series of reports prepared for the World Bank. Canberra, Australia, CSIRO.
- CNCF (Comisión Nacional de Certificación Forestal). 1999. Estándares y procedimientos para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica. Turrialba, CR, PNUD/CATIE. 54 p.
- Crome, FHJ; Moore, LA; Richards, GC. 1992. A study of logging damage in upland rainforest in north Queensland. *Forest Ecology and Management* 49:1-29.
- Cruz, M. 1998. Validación financiera, técnica, ecológica y social del sistema de aserrío con motosierra y marco. Informe Proyecto PD 47/94 Rev. 3(1) "Utilización industrial de especies forestales menos conocidas en los bosques bajo manejo forestal sostenible". La Ceiba, Honduras, PROINEL-OIMT/COHDEFOR. 64 p.
- Dam, O, van. 2001. Forest filled with gaps. Effects of gap size on water and nutrient cycling in tropical rain forest. A study in Guyana. Georgetown, Guyana, TROPENBOS Guyana Programme. 208 p. (TROPENBOS Guyana Series 10).
- Delgado, D; Finegan, B; Zamora, N; Meir, P. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: cambios en la riqueza y composición de la vegetación. Turrialba, CR, CATIE. 43 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no 298; Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 12).
- Dykstra, DP; Heinrich, R. 1992. Sustaining tropical forests through environmentally sound harvesting practices. *Unasylva* 169(43):9-15.
- FAO. 1997. Environmentally sound forest harvesting. Testing the applicability of the FAO Model Code in the Amazon in Brazil. Forest harvesting case-study. Roma, Italia, FAO. 78 p.



- Fassbender, HW. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 ed. Turrialba, CR, CATIE. 491 p.
- FSC (Forest Stewardship Council). 2000. Principios y criterios para el manejo forestal. Revisado Febrero 2000. Consultado en Internet el 18/07/02: http://www.fsc.org/pag_esp.htm (Documento no. 1.2)
- Fredericksen, TS. 1998. Limitations of low-intensity selection and selective logging for sustainable tropical forestry. *Commonwealth Forestry Review* 77(4):262-266.
- Frumhoff, PC. 1995. Conserving wildlife in tropical forests managed for timber to provide a more viable complement to protected areas. *Bioscience* 45(7):456-463.
- Gerwing, JJ; Johns, JS; Vidal, E. 1996. Reducción de desechos en la extracción y elaboración de la madera: la conservación del bosque en la Amazonia oriental. *Unasyva* 187(47):17 – 25.
- Guariguata, MR; Dupuy, JM. 1997. Forest regeneration in abandoned logging roads in lowland Costa Rica. *Biotropica* 29(1):15-28.
- Hendrison, J. 1990. Damage-controlled logging in managed tropical rain forests in Suriname. Wageningen, Holanda, Universidad Agrícola. 204 p.
- Holdsworth, AR; Uhl, C. 1997. Fire in amazonian selectively logged rain forest and the potential for fire reduction. *Ecological Applications* 7(2):713-725.
- Hout, P Van der. 1999. Reduced impact logging in the tropical rain forest of Guyana; ecological, economic and silvicultural consequences. Georgetown, Guyana, TROPENBOS Guyana Programme. (TROPENBOS-Guyana series no 6).
- _____. 2000. Testing the applicability of reduced impact logging in green heart forest in Guyana. *International Forestry Review* 2(1):24-32.
- Johns, JS; Barreto, P; Uhl, C. 1996. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the Eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* 89:59-77.
- Jolón, MR. 1999. Establecimiento de la línea base de información de biodiversidad del bosque manejado en San Miguel La Palotada, Petén, Guatemala y su aplicación en el monitoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 77 p + 8 anexos.
- Jonkers, WBJ. 1987. Vegetation structure, logging damage and silviculture in a tropical rain forest in Suriname. Wageningen, Holanda, Universidad Agrícola. 172 p.
- Jordan, CF. 1985. Nutrient cycling in tropical forest ecosystems. Chichester, England, John Wiley & Sons. 190 p.
- Kaimowitz, D. 2001. Cuatro medio verdades: la relación bosques y agua en Centroamérica. *Revista Forestal Centroamericana* 33:6-10.
- Koppelman, R. 1990. Damage caused by selective logging in a neotropical rainforest. Tesis Mag. Sc. Wageningen, Holanda, Universidad Agrícola. 58 p.
- Lanzewitzki, T. 1991. Populationsökologische Untersuchungen an Kleinsäugern in einem Eichen-Wolkenwald (*Quercus* sp) Costa Ricas. Tesis PhD. Alemania, Universidad de Marburg. 87 p.
- López, C. 1994. Daños causados por un aprovechamiento mejorado a los árboles de futura cosecha en un bosque de la Zona de Río San Juan, Nicaragua. Trabajo de Diploma. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. Escuela de Ciencias Forestales. 42 p.
- Louman, B. 1987. Subsistence use of fallow vegetation in the highlands of Papua New Guinea. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 35:546-549.
- _____; Pereira Jr., R. 2001. Aprovechamiento y manejo del bosque en el área demostrativa “finca Cauaxi” de la Fundación Forestal Tropical (FFT). *Manejo Forestal Tropical* no. 20. 8 p.
- _____; Valerio, J; Jiménez, W. 2001. Bases ecológicas. In Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. eds. 2001. *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. Turrialba, CR, CATIE. pp 19-78. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 46).
- Mabberly, DJ. 1992. Tropical rain forest ecology. 2nd ed. New York, U.S., Blackie/Chapman and Hall. 300 p.
- Marmillod, D; Gálvez, J. 1997. Efecto del aprovechamiento maderero sobre la población de bayal, una especie no maderable del bosque petenero. Implicaciones para una silvicultura con fines de producción diversificada de este bosque. In *Simpósio Internacional sobre Possibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical*. (1998, Santa Cruz, Bolivia). Memoria. Santa Cruz, BO, BOLFOR/CIFOR/IUFRO Consultado en Internet (30/07/02): <http://www.cadex.org/bolfor/Publicaciones/Simpósio/inicio.htm>
- Martínez-Ramos. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural en selvas altas perennifolias. In Gomez-Pompa, A; del Amo, R.S. *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz – México*. Vol 2. Alambra Mexicana. pp 191 –239.
- Masera, O; Garza-Caligaris, JF; Kanninen, M; Karjalainen, T; Nabuurs, GJ; Pussinen, A; Jong, BJ. de. 2001. Modelling Carbon Sequestration in Afforestation and Forest Management Projects: The CO2FIX V.2 Approach. (in prep.). Consultado en mayo 2002: <http://www.efi.fi/projects/casfor/>
- McGinley, K. 2000. El manejo del bosque natural tropical y su impacto en la diversidad de la fauna. Una visión general integrada. *Revista Forestal Centroamericana* 32:34-38.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- _____; Finegan, B. 2002. Evaluación de la sostenibilidad para el manejo forestal, determinación de un estándar integrado y adaptativo para la evaluación de la sostenibilidad ecológica del manejo forestal en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 75 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 330; Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 26).
- Méndez, J. 1992. Análisis silvicultural del impacto del aprovechamiento mejorado. *In* Segundo Congreso Forestal Nacional (2, 1992, San José, CR). Resúmenes de ponencias. San José, Costa Rica. pp. 126-127.
- _____; Maginnis, S. 1997. Evaluación del impacto del aprovechamiento mejorado en fincas de tierras bajas de la Zona Norte y la vertiente Atlántica de Costa Rica. *In* III Congreso Forestal Nacional (3, 1995, San José, CR). pp 45-46.
- Migunga, G.A. 1996. Tropical forest soil compaction: effects of multiple log skidding tractor passes on surface soil bulk density at Sao Hill, Tanzania. *In* Dykstra, DP. ed 1996. Forest operations for sustainable forestry in the tropics. Proceedings of a symposium organised by IUFRO Subject group S3.05-00, "Forest operations in the Tropics" at the XX IUFRO World Congress, 6-12 August 1995, Tampere, Finland. Vienna, Austria, IUFRO-CIFOR. pp. 1-3.
- Nabuurs, GJ; Garza-Caligaris, JF; Kanninen, M; Karjalainen, T; Lapvetelainen, T; Liski, J; Masera, O; Mohren, GMJ; Pussinen, A; Schelhaas, MJ. 2001. CO2FIX V2.0 – Manual of a modelling framework for quantifying carbon sequestration in forest ecosystems and wood products. Wageningen, Holanda. 45 p. Consultado mayo 2002: <http://www.efi.fi/projects/casfor/> (ALTERRA Report 445).
- Nicholson, DI. 1958. An analysis of logging damage in tropical rain forest in North Borneo. *Malayan Forester* 21:235-245.
- Obando, G. 2001. El uso de computadoras, programas e instrumentos electrónicos en la planificación y seguimiento de planes de manejo del bosque húmedo tropical. Un caso en Costa Rica. Roma, IT, FAO. 58 p. (FAO Estudio de Caso de Ordenación Forestal, documento de trabajo FORM/DT/01).
- Pereira, R. Jr; Zweede, J; Asner, GP; Keller, M. 2002. Forest canopy damage and recovery in reduced-impact and conventional selective logging in eastern Para, Brazil. *Forest Ecology and Management* 168:77-89.
- Poels, RLH. 1987. Soils, water and nutrients in a forest ecosystem in Suriname. Wageningen, Holanda, Universidad Agrícola. 253 p.
- Putz, FE; Redford, KH; Robinson, JG; Finbel, R; Blate, GM. 2000. Biodiversity conservation in the context of tropical forest management. Washington DC, World Bank. 80 p. (Environment Department Papers no 75. Biodiversity series – impact studies).
- Quesada, R. 1992. Evaluación del aprovechamiento mejorado a través de parcelas permanentes de muestreo en Boca Tapada de Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. *In* Segundo Congreso Forestal Nacional. (2. 1992, San José, CR). Resúmenes de ponencias. San José, Costa Rica. pp. 131-133.
- Quirós, D; Finegan, B. 1994. Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 25 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no 225. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 9).
- Rose, SA. 2000. Seeds, seedlings and gaps – size matters. A study in the tropical rain forest of Guyana. Georgetown, Guyana, TROPENBOS Programme Guyana. 175 p. (TROPENBOS – Guyana Series 9).
- Rumiz, D; Painter, L; Wallace, R; Guinart, D; Herrera, JC. 1998. La fauna silvestre y sus recursos: ¿Qué sabemos y cómo podemos aplicarlo al manejo sostenible de bosque en Bolivia?. *In* BOLFOR; CIFOR; IUFRO. 1998. Memorias del Simposio Internacional sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical. 5 p. Consultado en Julio, 2002 <http://www.cadex.org/bolfor/Publicaciones/Simposio>.
- Sabogal, C; Castillo, A; Carrera, F; Castañeda, A. 2001. Aprovechamiento forestal mejorado en bosques de producción. Estudio de caso Los Filos, Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, CR, CATIE. 56 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 323).
- Saldarriaga, JG. 1994. Recuperación de la selva de "Tierra Firme" en el alto río Negro Amazonia colombiana-venezolana. Santafé de Bogotá, Colombia. TROPENBOS Colombia. (Estudios en la Amazonia Colombiana no V).
- Sánchez, PA. 1976. Properties and management of soils in the tropics. New York, U.S., Wiley & Sons. 618 p.
- Sist, P. 2000. Reduced impact logging in the tropics: objectives, principles and impacts. *International Forestry Review* 2(1):3-10.
- Sombroek, WC. 1966. Amazon soils. Wageningen, Holanda, Center for Agricultural Publication and Documentation.
- Stadtmüller, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales, medidas para mitigarlo. Turrialba, CR, CATIE. 62 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 246. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 10).



- Steege, H Ter; Boot RGA; Brouwer, LC; Caesar, JC; Ek, RC; Hammond, DS; Haripersaud, PP; Hout, P. Van der; Jetten, VG; Kekem, AJ van; Kellman, MA; Kahn, Z; Polak, AM; Pons, TL; Pulles, J; Raaimakers, D; Rose, SA; Sanden, J. Van der; Zagt, RJ. 1996. Ecology and logging in a tropical rain forest in Guyana. With recommendations for forest management. Ede, Holanda, The TROPENBOS Foundation. 123 p. (TROPENBOS Series no 14).
- Terborgh, J. 1992. Maintenance of diversity in tropical forests. *Biotropica* 24:283-292.
- Uhl, C; Buschbacher, R. 1985. A disturbing synergism between cattle ranch burning practices and selective harvesting in the eastern Amazon. *Biotropica* 17:265-268.
- _____; Vieira, ICG. 1989. Ecological impact of selective logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas region of the state of Para. *Biotropica* 21:98-106.
- Venegas, G; Louman, B. 2001 Aprovechamiento de impacto reducido como tratamiento silvicultural en un bosque montano de la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 55 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 325. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no 23).
- Verissimo, A; Barreto, P; Mattos, M; Tarifa, R; Uhl, C. 1992. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. *Forest Ecology and Management* 55:169-199.
- Vidal, E; Johns, J; Gerwing, J; Barreto, P; Uhl, C. 1998. Manejo de cipós para a redução do impacto da exploração madeireira na Amazônia Oriental. Belém, Brazil, IMAZON, Instituto do homem e meio ambiente da Amazônia. 18 p. (Serie Amazônia no 13).
- Villalobos, R. 1995. Distribución natural de *Quassia amara* L. Ex Blom en Costa Rica, y su relación con los contenidos de cuasina y neocuasina (insecticidas naturales) en sus tejidos. Tesis Mag. Sc., Turrialba, CR, CATIE. 174 p.
- _____; Ocampo R; Marmillod, D. 1995. Distribución de *Quassia amara*, un arbusto insecticida natural, en Costa Rica. In *Semana Científica II* (2, 4, 5 y 7 Dic. 1995, Turrialba. CATIE). Turrialba, Costa Rica, CATIE. Resúmenes, Sección posters. p 39-40.
- _____; Chang, Y; Marmillod, D; Bedoya, R; Leigue, L. 1997. Desarrollo de criterios silviculturales para el manejo de *Quassia amara*, un producto no maderable del bosque tropical. In *BOLFOR/ CIFOR/IUFRO 1998. Memorias del simposio internacional sobre posibilidades de manejo forestal sostenible en América Tropical*. Consultado el 30/07/02: <http://www.cadex.org/bolfor/Publicaciones/Simposio/inicio.htm>
- Webb, EL. 1998. Gap phase regeneration in selectively logged lowland swamp forest, northeastern Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 14:247-260.
- Wyatt-Smith, J; Foenander, EC. 1962. Damage to regeneration as a result of logging. *Malayan Forester* 25(1):40-44.



Capítulo 13

Seguimiento y evaluación del aprovechamiento

- 13.1 Introducción
- 13.2 El marco de seguimiento y evaluación
 - 13.2.1 Monitoreo estatal
 - 13.2.2 Monitoreo de la sostenibilidad
 - 13.2.3 Monitoreo interno
- 13.3 Aspectos a monitorear en el contexto de AIR
 - 13.3.1 Medición del cumplimiento de las metas
 - 13.3.2 Medición de procesos que mantienen o forman la biodiversidad
 - 13.3.3 Seguimiento a las intervenciones humanas
 - 13.3.4 Monitoreo investigativo
- 13.4 El monitoreo como parte del sistema de aprovechamiento
 - 13.4.1 Pasos para desarrollar un sistema de monitoreo del aprovechamiento
- 13.5 Bibliografía

Bastiaan Louman

El seguimiento y evaluación del aprovechamiento se refiere a la toma frecuente de datos sobre el aprovechamiento y sus consecuencias para poder evaluar y mejorar su desempeño.

13.1 Introducción

En los capítulos anteriores se ha visto que en la actualidad es técnicamente factible reducir los impactos que el aprovechamiento de madera causa en el bosque. Con una buena planificación y trabajadores bien capacitados se puede:

- Mejorar la ubicación y reducir la longitud de los caminos (Capítulos 3 y 4)
- Aumentar la eficiencia de la extracción (Capítulo 6)
- Reducir los daños a la vegetación (Capítulo 12)
- Reducir el volumen de madera comercial desperdiciado durante las operaciones (Capítulos 5, 6, 7, 8, 9 y 12).

Sin embargo, ¿cómo podríamos saber con certeza que realmente los efectos deseados se están dando?; es decir, que el impacto es mínimo, el rendimiento aceptable y la eficiencia de los trabajos adecuada.

Para esto se necesita aplicar un sistema de seguimiento y evaluación. Este sistema es un conjunto de actividades que aseguran la toma frecuente de datos sobre el estado de un objeto, ambiente o actividad, e incluye evaluaciones frecuentes de los datos obtenidos para valorar el estado o desempeño del objeto, ambiente o actividad. Para que sea funcional, el sistema de seguimiento y evaluación debe incluir un mecanismo de retroalimentación que permita a los responsables ajustar sus actividades para mejorar el desempeño (Fig. 13.1). El monitoreo es una actividad rápida, que se puede repetir a intervalos frecuentes (a menudo anualmente) y debe ser preciso, barato y fácil de aplicar.

El seguimiento y evaluación del aprovechamiento se refiere a la toma frecuente de datos sobre el aprovechamiento y sus consecuencias para poder evaluar y mejorar su desempeño.

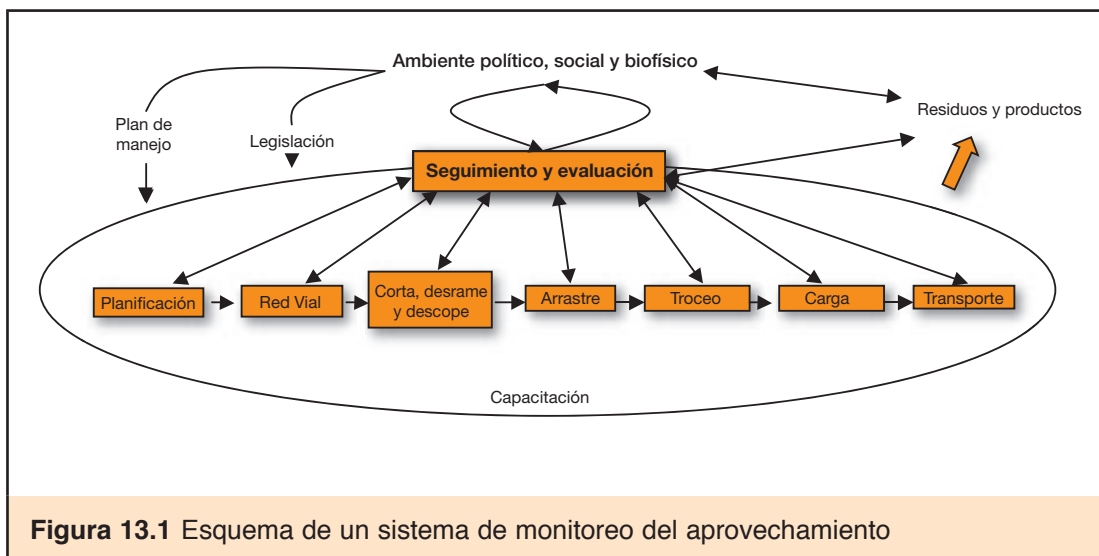


Figura 13.1 Esquema de un sistema de monitoreo del aprovechamiento

El esquema de la Fig. 13.1 se refiere directamente a un seguimiento y evaluación como parte integral del sistema de aprovechamiento. Sin embargo, también se puede realizar el seguimiento y evaluación como herramienta de control, para ver si se está cumpliendo con las normas establecidas. La diferencia entre los dos tipos de seguimiento se encuentra, sobre todo, en los aspectos a controlar, los cuales se definen con base en los objetivos de cada sistema.

El seguimiento debe ser claro, fácil de aplicar y barato.





Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

La retroalimentación de los resultados del seguimiento, de la evaluación del proceso de aprovechamiento y del ambiente político-social son elementos claves, ya que sin retroalimentación el seguimiento no tiene sentido y se reduce a una simple toma de datos. Por lo mismo, es importante definir a qué hay que dar seguimiento, en qué se necesita obtener retroalimentación para poder mejorar el aprovechamiento, y dónde hay que ajustar el plan.

A pesar de que el monitoreo no es un concepto nuevo, ha sido poco usado en proyectos forestales de manejo del bosque húmedo tropical en América Central. En este momento, en la región centroamericana se practican tres formas de monitoreo al aprovechamiento forestal. La diferencia entre ellas es de objetivo: 1) monitoreo para verificar el cumplimiento de leyes y normas, 2) monitoreo para verificar que los impactos sean reducidos y que el aprovechamiento sea parte de un manejo sostenible, y 3) monitoreo orientado a mejorar las actividades y la rentabilidad del manejo.

Con las nuevas leyes forestales en varios países de la región (Panamá 1994, Costa Rica y Guatemala 1996, Nicaragua y Honduras las están preparando) y cambios en la estructura del sector ambiental estatal (Sistema Nacional de Áreas de Conservación –SINAC– en Costa Rica, Instituto Nacional Forestal –INAFOR– en Nicaragua, Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP– e Instituto Nacional de Biodiversidad –INAB– en Guatemala, Autoridad Nacional del Ambiente –ANAM– en Panamá), se ha venido reforzando el papel normativo y de control estatal, del cual el monitoreo es parte esencial. En 1996 se inició también el proceso de certificación de unidades de manejo forestal (UMF), las cuales son monitoreadas para controlar el cumplimiento de los requisitos de la certificación, y asegurar la reducción de impactos hasta estándares aceptables a nivel internacional. Además, y en particular en las UMF que tienen o quieren obtener la certificación forestal, se han implementado sistemas de monitoreo interno de las UMF.

Ya que los objetivos son diferentes, los métodos para establecer el marco de seguimiento y evaluación y los aspectos del aprovechamiento que miden, generalmente son diferentes también. En este capítulo se discutirá cómo definir qué se va a monitorear, cuáles son los aspectos más importantes a monitorear en un contexto de AIR, y cómo funcionan las diferentes formas de monitoreo relacionadas con el aprovechamiento.

13.2 El marco de seguimiento y evaluación

Las tres formas de monitoreo funcionan dentro de marcos diferentes y dan seguimiento a diferentes aspectos del aprovechamiento; por eso, aquí se discutirán tres formas de definir el marco del monitoreo. Para facilitar la discusión, llamaremos “**monitoreo estatal**” al control del cumplimiento de leyes y normas; “**monitoreo de la sostenibilidad**” a la definición del manejo sostenible en forma de un estándar, base de las evaluaciones y del monitoreo del manejo y del aprovechamiento. Esta es una actividad reciente, en la que pueden participar diferentes miembros de la sociedad. Este tipo de monitoreo da mayor énfasis al impacto de las actividades, aunque aún no se ha logrado encontrar una forma aceptable de medir los impactos de manera rápida, barata y con resultados contundentes; por esta razón se da seguimiento a las actividades que podrían causar estos impactos. El tercer grupo de actividades de monitoreo se puede clasificar como “**monitoreo interno**”, y se refiere al control que busca mejorar las actividades dentro de una empresa.

13.2.1 Monitoreo estatal

A menudo el monitoreo estatal se basa en un juego de normas técnicas y disposiciones administrativas que, en América Central, generalmente determinan ciertas actividades o los límites dentro de los cuales se debe realizar una actividad. Una excepción a esta regla es el monitoreo estatal en Costa Rica, el cual se deriva del sistema de certificación del FSC (CNCF 1999), y será discutido en la sección siguiente.

Este tipo de monitoreo busca cumplir con los objetivos del Estado y está ligado a castigos por el no cumplimiento; es un control de ‘arriba hacia abajo’ y tiene el carácter de un trabajo policial. Puede ser muy funcional en zonas donde la aplicación de técnicas de AIR es desconocida, o donde no existe aun interés por mejorar las actividades de tala y extracción. Es claro y preciso: se cumple o no se cumple. Sin embargo, no ofrece incentivos para mejorar el aprovechamiento de manera voluntaria y, en algunos casos, ha resultado más bien en un desincentivo por prescribir actividades que son buenas en un tipo de bosque pero no en otro.

Otra de las desventajas de este tipo de monitoreo es que las normas y disposiciones no necesariamente están ligadas a los objetivos del buen manejo y, aunque las actividades pueden cumplir con las normas establecidas por el ente contralor, no necesariamente implica que el manejo produzca los resultados esperados. Por ejemplo, si se mantiene la biodiversidad, o las funciones ecológicas del bosque, o se mejora la situación económica de los dueños y usuarios del bosque.

La reposición de cada árbol cortado con la plantación de tres (o más) es un buen ejemplo de una norma que no promueve el manejo sostenible, ni es cumplida en la mayoría de los casos. Por fortuna, esa norma ya ha desaparecido en los países centroamericanos.

Otra norma cuestionable como prescripción es la de usar cables para jalar las trozas hacia las vías de arrastre, pues aunque ayuda a reducir los daños a la vegetación remanente (Capítulo 12), puede ser mucho más caro que si se acerca el tractor hasta el tocón. Hendrison (1990), por ejemplo, afirma que por condiciones topográficas, no más del 40% de las trozas pueden extraerse con cable. Obando (1997) indica que la extracción con cable es más laboriosa, y por lo tanto más cara, y exige que los fustes cortados se acomoden dentro de un rango específico de ángulos. Si el ángulo es mayor, hay que girar el fuste demasiado, lo que conlleva daños adicionales a la vegetación, suelo y al fuste mismo. Si el ángulo es menor, hay que jalar el fuste sobre más distancia, lo que retrasa la extracción.

Parte del problema de este tipo de monitoreo es que se estableció por la necesidad de regular las actividades de un subsector que no mostraba voluntad de mejorar sus actividades, ni una actitud respetuosa hacia los otros usuarios y beneficiarios de los bienes y servicios del bosque. Por esa razón se trató de normar la ejecución de cada actividad forestal, sin tomar en cuenta el objetivo de esas actividades, ni el hecho de que los mismos objetivos se pueden cumplir de diferentes maneras. Esto no significa que las normas establecidas sean malas; al contrario, en varios países se han mejorado recientemente. Sin embargo, les falta un marco lógico, una organización que asegure que con las normas y disposiciones definidas se logra cumplir con los objetivos que el Estado tenga para el manejo y aprovechamiento forestal.



El cumplimiento de las directrices oficiales se controla mediante el monitoreo estatal.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Para resolver este problema, se está trabajando en el desarrollo de sistemas de monitoreo más amplios, como las propuestas de monitoreo de concesiones en Nicaragua (Saravia-Cruz y Louman 1999) y en Guatemala (Carrera *et al.* 2001). Estos sistemas más amplios buscan medir la calidad del manejo, del cual el aprovechamiento es un componente importante. Aunque estos sistemas de monitoreo pretenden controlar las operaciones forestales, también incorporan la medición del impacto del aprovechamiento y del manejo en el ambiente biofísico y social. Estos sistemas son más parecidos al de la certificación y serán discutidos en la sección siguiente.

Otro aspecto importante del desempeño de un sistema de monitoreo es que se ajuste a la situación actual del aprovechamiento. Por ejemplo, si el personal que ejecuta el aprovechamiento no domina las técnicas de trabajo más eficaces o le falta motivación, es necesario desarrollar un sistema de monitoreo, evaluación y control muy sencillo y directo, fácil de aplicar y entender. Las normas y disposiciones legales pueden cumplir muy bien con esta función, siempre y cuando la normativa no sea excesiva y que, simultáneamente, se busque incentivar la capacitación y una actitud positiva hacia el AIR.

13.2.2 Monitoreo de la sostenibilidad

El principal objetivo del seguimiento y la evaluación en el monitoreo de la sostenibilidad y la certificación es comprobar el desempeño sostenible del manejo forestal. Esta forma de monitoreo difiere de la anterior en que, en este caso, el monitoreo parte de un estándar, o marco lógico para el manejo forestal sostenible y da un juicio sobre el estado del manejo en comparación con un modelo establecido. Este tipo de monitoreo persigue los objetivos de la sociedad en cuanto al manejo forestal; en consecuencia, su enfoque es más participativo. Lo que se mide en el campo (los indicadores y sus variables) está directamente ligado a los objetivos que están plasmados en los principios y criterios de un estándar (Recuadro 13.1).

Recuadro 13.1

Terminología y estructura de un estándar

Jerarquía y definiciones¹

Meta (Objetivo general)

Manejo forestal sostenible
Bosques bien manejados

Principio

Pauta fundamental, base para razonamiento y acciones. Tiene carácter de objetivo o actitud de la función del ecosistema forestal, o de un aspecto relevante del sistema social que interactúa con el ecosistema. Son elementos explícitos de una meta.

Criterio

Estado o aspecto de un proceso dinámico del ecosistema forestal, o del sistema social, que debería existir como resultado de adherencia a un principio de manejo forestal sostenible. Deben conducir a un juicio sobre el grado de cumplimiento en una situación actual.

¹ Traducción libre de Tropenbos (1997) p. 26.



Indicador

Parámetro cuantitativo o cualitativo que se puede evaluar en relación con un criterio. Describe de manera verificable y objetiva, las características del ecosistema forestal o del sistema social relacionado, o los elementos de la política corriente, condiciones de manejo y procesos antropogénicos, indicativos del estado del ecosistema o sistema social.

Norma

Valor de referencia de un indicador, establecido como base de comparación. La comparación de la norma con el valor actual demuestra el grado de cumplimiento de un criterio o adherencia a un principio.

Guía

Traduce criterios e indicadores en guías prácticas para garantizar el cumplimiento de las acciones. Generalmente se les formula en forma de prescripciones.

Acción

Verificador

Fuente de información para el indicador o la norma.

Varios esfuerzos internacionales han promulgado estándares para diferentes propósitos y diferentes regiones geográficas. Sin embargo, la elaboración de los estándares no ha sido muy estructurada, lo que dificulta establecer comparaciones entre ellos (Tropenbos 1997, Pedroni y De Camino 2001). El documento de la ISCI (1996), por ejemplo, indica que muchos de los esfuerzos regionales partieron de una descripción del bosque deseado y no del bosque real. Por lo general, han sido procesos participativos y de aprendizaje. El resultado, sin embargo, ha sido de poca claridad en la relación entre los componentes de los estándares: indicadores, criterios y principios (consistencia vertical); también se han encontrado problemas entre indicadores, criterios y principios dentro de un mismo nivel jerárquico (consistencia horizontal). Por tal razón, la organización investigadora forestal TROPENBOS se encargó de revisar las varias iniciativas y desarrollar una propuesta para el desarrollo de estándares más estructurada (TROPENBOS 1997). La propuesta indica las definiciones y funciones de los principios, criterios e indicadores en sus respectivos niveles.

Un estándar es un juego de P, C&I, o por lo menos una combinación de estos niveles jerárquicos, que (en nuestro contexto) funciona como herramienta para promover el manejo forestal sostenible, como base para el monitoreo y la evaluación, o como referencia para una evaluación del manejo forestal actual.

Las **ventajas** de un estándar como sistema jerárquico son:

- hay más chance de que se cubran todos los aspectos
- evita redundancias: limita el juego de P,C&I al mínimo
- hay una relación transparente entre parámetros y principios



Los parámetros:

Para los P, C&I existen tres tipos de parámetros:

- de insumo: un objeto, capacidad o intención usado por un proceso antropogénico como insumo o motivo de operación.
- de proceso: el conjunto de actividades (o parte de ellas) de manejo o de otra acción humana que describe las actividades mismas y no sus resultados (por ejemplo, proceso de planificación).
- de resultado: el producto real o deseado del proceso de manejo que describe el estado o la capacidad del ecosistema, de un componente físico, o de un componente del sistema social relacionado.

Es importante que la jerarquía sea consistente en sentido horizontal (que ningún parámetro del mismo nivel tenga un peso mayor) y vertical (entre parámetros en niveles aledaños; quiere decir que cada parámetro esté en el nivel apropiado, formulado correctamente y relacionado con un parámetro en el nivel inmediatamente superior).

La mayoría de los P, C&I tienen algunas variables que indican tiempo; es decir, que la evaluación debe hacerse en un punto específico en el tiempo para que los valores medidos reflejen el estado actual. Para mejor evaluar los cambios temporales se necesita una forma de monitoreo de los parámetros del sistema más susceptibles a cambios en el tiempo. En este caso no se les compara con normas idóneas, sino que se toma como referencia el estado inicial o anterior: ¿hubo progreso o no?

Los Principios

Función: Hacer explícito el sentido de la meta. La meta se subdivide en componentes separados, que en conjunto cubren todos los aspectos de la misma. Como la meta (para nosotros, el manejo forestal sostenible) es resultado de un proceso político, los principios surgen de un proceso de consultación, negociación y compromiso.

Características:

- 1) Deben referirse a una función del ecosistema forestal o a un aspecto relevante del sistema social relacionado.
- 2) Deben tener carácter de objetivo o actitud. Ni los requisitos previos, ni las medidas del grado de cumplimiento de la meta deben ser principios (por ejemplo, un parámetro como *“Los grupos indígenas deben ser dueños de la tierra”* es un criterio dentro de un principio más amplio, como *“Debe reconocerse y respetarse el derecho legal y tradicional de los grupos indígenas a ser propietarios, usar o manejar sus tierras, territorios y recursos”*).
- 3) Deben ser claros, específicos y en cantidad manejable.
- 4) Deben ser aplicables en varias escalas. En la práctica, por lo general se necesita ampliar el juego de principios generales con algunos más específicos a menor escala.

Un principio formulado de manera correcta: *“Se mantienen y conservan los recursos de agua”*.



Un principio ambiguo: *“Deben mantenerse las funciones del ecosistema forestal”*. Sería mejor subdividir el principio en varios que especifiquen funciones concretas:

“Debe mantenerse la función protectora del ecosistema forestal”

“Debe mantenerse la función de hábitat del ecosistema forestal”

“Debe mantenerse la diversidad biológica del ecosistema forestal”

Los Criterios

Función: Hacer explícita la implicación práctica de un principio, traduciendo el principio en estados o dinámicas deseadas del ecosistema o del sistema social relevante. Por ello, los criterios se derivan de los principios. Si a nivel de criterios surge la necesidad de agregar requisitos nuevos, debemos regresar al nivel de principios para agregarlos. También los criterios se elaboran en un proceso de negociación y compromiso; sin embargo, no deben salirse de los límites puestos por los principios.

Características:

- 1) Cada principio debe desarrollarse en un juego de criterios.
- 2) Los criterios deben redactarse en forma de parámetros de resultado, describiendo el estado actual del ecosistema forestal, sus componentes, o componentes relevantes del sistema social. No se deben formular como prescripciones, ni en términos de progreso hacia un estado futuro deseable.
- 3) El estado del ecosistema forestal se puede describir en términos de capacidades (p.ej. se mantiene la capacidad de regeneración o de producción del suelo), o en términos de apariencia del bosque (p.ej.: las aperturas en el dosel causadas por actividades humanas parecen aperturas naturales). Los últimos son más específicos que los primeros, y se debería encontrar un balance entre lo específico y lo general para mantener la vista panorámica de los estándares.
- 4) Los criterios deben permitir que nos formemos un juicio sobre el manejo. Por eso, deben expresarse en términos observables. Por ejemplo: **“Se asegura el acceso de las comunidades locales a los recursos forestales”**; o **“Se mantiene la capacidad regenerativa del bosque”**.

Los Indicadores y las normas

Función: Vincular los parámetros mensurables con los criterios. Los indicadores y las normas reducen el número de parámetros a medir y forman una base práctica para el monitoreo; además, proveen los insumos para hacer informes que permitan tomar decisiones en el manejo y para evaluar hasta qué grado se han cumplido los principios y sus criterios. En la práctica, el análisis de la calidad del manejo forestal se convierte en un análisis del cumplimiento de indicadores y sus normas. Los principios y criterios se necesitan para entender el vínculo entre indicadores y objetivos del manejo. Los indicadores que expresan parámetros de resultado deben tener un vínculo directo con el criterio y basarse en información científica. Los indicadores que expresan parámetros de procesos o insumos deben basarse en negociaciones y compromisos.



Características:

- 1) Los parámetros de resultado deben ser claros para poder evaluarlos objetivamente. Por ejemplo, en vez de *“Los daños son mínimos”*, se debería decir algo como *“Menos del 10% de los árboles remanentes con dap de 10 a 40 cm resultan dañados”*.
- 2) Los parámetros de proceso o insumo también deberían ser claros y debería ser posible responderlos con un simple sí o no. Por ejemplo, *“Existe un plan de manejo de alta calidad”* (proceso). Una respuesta positiva no necesariamente indica adherencia a los principios, pero sí lo hace creíble. Por el momento, existe la tendencia a usar parámetros de insumo y proceso, en vez de parámetros de resultado por la dificultad de obtener valores reales y confiables para estos últimos.
- 3) Los parámetros preferiblemente deben ser cuantitativos. Sin embargo, para muchos parámetros no existen valores de referencia, ni es posible medirlos de manera práctica. En estos casos vale la pena formular indicadores cualitativos.
- 4) El juego de indicadores depende mucho de la composición, competencia y capacidad del equipo evaluador.

Los Verificadores

Función: Aclarar cómo se va a medir el indicador, y cómo se ha llegado a una norma.

Características:

- 1) Un verificador puede ser muy preciso, confiable y objetivo, o indefinido, de poca confianza y subjetivo. La calidad del verificador depende de la importancia de la información que busca recoger.

En el contexto de los P, C&I en el sector forestal, el **monitoreo** se considera una repetición de observaciones en el tiempo. Se distingue entre monitoreo de las respuestas de los sistemas y subsistemas a las intervenciones y el monitoreo del mantenimiento de la calidad del proceso de manejo.

El primer tipo de monitoreo es un proceso científico, que da como resultado un mejor entendimiento de las funciones del ecosistema. Su resultado podría indicar la necesidad de hacer cambios en el sistema de manejo. Un sistema operacional para el monitoreo de respuestas es una condición previa para el mejoramiento continuo.

El segundo tipo de monitoreo, sobre la calidad del proceso de manejo, se enfoca en los procedimientos actuales del manejo, en las operaciones y en cómo se podrían ajustar para llegar a cumplir mejor con las metas deseadas.

Los Sistemas de Manejo Ambiental (SMA, o EMS en inglés) se basan principalmente en parámetros de insumos y procesos, y no conocen valores de referencia de calidad del ambiente establecidos por medio de procesos políticos, ni describen el estado actual del ecosistema. No necesariamente garantizan la sostenibilidad, aun sí indica un progreso hacia la sostenibilidad en comparación con la situación anterior. El SMA abarca tres categorías: planificación y política, implementación, y monitoreo y mejoramiento. Sin embargo, sin parámetros de resultado no existe un marco claro para dar un juicio sobre el desempeño del sistema de manejo.

Seguimiento y evaluación del aprovechamiento

El monitoreo estatal se basa en normas y disposiciones; por eso, ese tipo de seguimiento y evaluación generalmente es ejecutado por personas o instituciones externas a la Unidad de Manejo Forestal. Su función es asegurar que el aprovechamiento (y el manejo) no dañe los intereses de la sociedad local, nacional, o aún internacional. En contraste, el monitoreo de la sostenibilidad implica un consenso entre los diferentes usuarios del bosque y sus productos, en cuanto al estándar que se debe aplicar en el monitoreo. Para ser efectivo, este tipo de monitoreo debe ser más ‘horizontal’ y menos de ‘arriba hacia abajo’ que el monitoreo estatal. La sostenibilidad sólo se puede conseguir si todos los actores están de acuerdo en cuanto a su significado, en términos de los objetivos (principios) de la sostenibilidad.

La certificación a nivel internacional -por ejemplo el proceso del FSC- parte de una evaluación según un estándar definido a nivel internacional, seguido por cinco años de monitoreo de aspectos del estándar considerados importantes para la sostenibilidad, con base en la información de la primera evaluación. El estándar determina lo que se va a evaluar e influye en lo que se va a monitorear después.

Los sistemas nacionales de certificación, por ejemplo el de Costa Rica, o los sistemas de monitoreo de la sostenibilidad del manejo, como las iniciativas de Montreal, Tarapoto y Lepaterique, también parten de un estándar, definido a nivel nacional o regional. Al igual que el sistema de certificación, proponen formas de evaluar y monitorear el manejo forestal. Entre estos estándares, muchos de los aspectos ambientales tienen que ver con el aprovechamiento.

En el Capítulo 12 se habló del principio 6 del estándar de FSC. Este principio dice que el manejo forestal sostenible incluye la conservación de “... *la diversidad biológica y sus valores asociados, los recursos de agua, suelos y los ecosistemas frágiles y únicos, además de los paisajes* ... (FSC 2000). Para conservar estos aspectos hay que mantener intactas, aumentar o reponer “*Las funciones ecológicas vitales ... que “... incluyen: a) la regeneración natural y la sucesión de los bosques; b) la diversidad genética de las especies y de los ecosistemas; c) los ciclos naturales que afectan la productividad del ecosistema forestal”* (Criterio 6.3 del estándar del FSC 2000).

Las funciones vitales son afectadas por el aprovechamiento de diferentes maneras. Los indicadores 6.3.4, 6.3.10, 6.3.11 y 6.3.12 del estándar presentado en el Recuadro 13.2 muestran, por ejemplo, lo que considera el sector forestal de Costa Rica sobre el efecto del aprovechamiento en estas funciones.



El monitoreo de la sostenibilidad busca salvaguardar los recursos naturales en beneficio de todos los usuarios actuales y futuros.



Recuadro 13.2

Indicadores directamente relacionados con la ejecución del aprovechamiento según el estándar de manejo forestal de Costa Rica

- 6.3.4 Existen medidas de mitigación para evitar la erosión hídrica y la alteración del sistema natural de drenajes.
- 6.3.10 Los árboles secos en pie y caídos podrán ser aprovechados si se justifica técnicamente que su remoción no afecta negativamente las funciones ecológicas del bosque.
- 6.3.11 En la ejecución del aprovechamiento y el manejo se procura el mínimo impacto en el vuelo, suelo y agua que contempla los siguientes aspectos y correspondientes niveles aplicables:
- a) El área de claros ocasionada por la corta no sobrepasa el 15% del área definida como bosque productor.
 - b) El área de patios de acopio no ocupa más del 1%, del área de bosque productor.
 - c) Los caminos primarios, por los que circulan camiones, no ocupan más del 2% del área de bosque productor; asimismo, las rondas de estos caminos no sobrepasan el 2% de dicha área. Estos caminos tienen pendientes menores al 20% y tienen las obras de conservación necesarias para minimizar la erosión y los daños al suelo y aguas. Al concluir la operación se asegura el mantenimiento de los caminos primarios con las medidas necesarias para evitar la erosión.
 - d) Los caminos secundarios, donde circula el tractor o 'skidder', no sobrepasan el 8% del área de bosque productor. En estos caminos no existen pendientes mayores al 40% y los pasos de agua son funcionales. Al final de la operación, estos caminos se clausuran y se toman medidas para evitar la erosión y restituir las funciones y procesos del sistema natural de drenajes.
 - e) Las pistas de arrastre ocupan un máximo de 3% del área de bosque productor.
 - f) En todo caso, la sumatoria del impacto del aprovechamiento no sobrepasará el 25% del área efectiva.
 - g) El muestreo (diagnóstico y silvicultural) después del aprovechamiento mostrará que la combinación del aprovechamiento más los daños no sobrepasa el 15% del área basal original.
- 6.3.12 Las operaciones de arrastre mecanizadas utilizarán únicamente cables; el tractor o 'skidder' no saldrá de las pistas.

Fuente: CNCF (1999).

Los indicadores propuestos en Costa Rica no miden el mantenimiento de la biodiversidad (McGinley y Finegan 2002). En forma similar a las normas técnicas y disposiciones administrativas del monitoreo estatal, los indicadores miden la presión sobre el bosque y su biodiversidad mediante parámetros de insumo o proceso. Por ejemplo, los claros grandes y frecuentes pueden cambiar la diversidad; por eso se pone un límite máximo al área bajo claros. El claro es parte del proceso de aprovechamiento, pero no da información sobre el resultado final: cómo afectan los claros provocados por el aprovechamiento a los procesos ecológicos y a la estructura y composición florística del bosque. Esta situación no es diferente para otros países, aunque en algunos, por ejemplo Guyana, se ha tratado de incorporar la medición más directa de los impactos (**indicadores de salida o de resultados**). Al final, sin embargo, tuvieron que descartarla por el costo y falta de herramientas para la interpretación de los resultados.



Seguimiento y evaluación del aprovechamiento

Estos ejemplos muestran que es importante tener un mecanismo de desarrollo y validación de los estándares para evitar la incorporación de indicadores que no se pueden medir, interpretar o pagar. En América Central se han realizado varios estudios sobre el tema: Carrera *et al.* (2001) en Guatemala, McGinley y Finegan (2002) en Costa Rica y Nicaragua, Padovan (2001) en áreas protegidas. Con base en los resultados de estos estudios y de trabajos de TROPENBOS (1997), Prabhu *et al.* (1996) y CIFOR (1999) sobre la jerarquía y validación del contenido de estándares, se ha desarrollado un método de validación de estándares.

En síntesis, el proceso de formulación de un estándar se inicia cuando representantes de diferentes grupos de actores en el manejo o aprovechamiento definen lo que ellos esperan del manejo/aprovechamiento y luego, identifican cómo se puede medir el progreso hacia ese estado deseado. Esta propuesta pasa por varios filtros: revisión de la consistencia, relevancia y coherencia de los componentes del estándar; prueba de campo para evaluar la eficiencia del estándar y la disponibilidad, mensurabilidad y confiabilidad de los datos obtenidos. Para esta última fase se han desarrollado protocolos que van desde hojas de instrucciones (Padovan 2001, Recuadro 13.3) a manuales teóricos de las mediciones (Finegan y Delgado, en preparación).

Recuadro 13.3

Ejemplo de protocolo para la aplicación de un indicador en la evaluación del manejo de un área protegida

Dimensión ambiental

Principio 2: El área conserva la biodiversidad y diversidad cultural relevantes de la región.

Criterio 2.1: El área conserva la totalidad o muestras representativas de ecosistemas relevantes de la región.

Indicador 2.1.1: Los ecosistemas relevantes de la región están presentes en el área protegida

Protocolo:

¿Qué se mide?	¿Cómo se mide?	¿Con qué se mide?	¿Dónde se mide?	¿Cuándo se mide?
La diversidad de los ecosistemas relevantes de la región presentes en el área protegida	- Ecosistemas relevantes en la región - Ecosistemas relevantes presentes en el área	- Informes técnicos del área - Informes de caracterización ambiental de la región - Fotografías aéreas del AP - Mapas de cobertura vegetal de la región y el área protegida	En gabinete	Cada cinco años



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Escala de valoración:

Todos los ecosistemas más relevantes de la región están presentes en el área protegida	4
La mayoría de los ecosistemas relevantes de la región están presentes en el área protegida	3
Parte de los ecosistemas relevantes de la región están presentes en el área protegida	2
Pocos ecosistemas relevantes de la región están representados en el área protegida	1
Ningún ecosistema relevante de la región está representado en el área protegida	0
No se aplica	NA

Variable: Ecosistemas relevantes de la región presentes en el AP

Metodología: Se hace la revisión de los informes de caracterización ambiental y mapas de cobertura vegetal de la región. Se comparan con el mapa de vegetación y fotografías aéreas del área protegida para identificar cuáles de los ecosistemas relevantes o típicos de la región están presentes en el área.

Justificación:

Fuente: Padovan (2001)

Dentro del contexto del manejo forestal sostenible, el monitoreo del aprovechamiento se ha enfocado en sus impactos ecológicos ya que otros componentes de la sostenibilidad, así como lo económico y social, dependen en gran parte de las actividades del manejo forestal complementarias al aprovechamiento. Sin embargo, esto podría cambiar según las percepciones de los objetivos y responsables del monitoreo.

Un estándar para el monitoreo del aprovechamiento, por ejemplo, podría tener un criterio que pertenece a un principio social, y que evalúa el desempeño en relación con la aplicabilidad del aprovechamiento bajo las condiciones sociales de los usuarios del bosque. En este caso, habría que medir si las prescripciones de las actividades son bien documentadas, si el equipo que se utiliza es el apropiado para la escala de operación, si los operarios han recibido la capacitación necesaria, etc.

Otros aspectos sociales que se deben medir son la disponibilidad y uso de equipos de seguridad, la capacitación en aspectos de ergonomía, etc. El principio 4 del FSC (2000), relacionado con la situación de los trabajadores, incluye indicadores que ilustran este criterio.

13.2.3 Monitoreo interno

El monitoreo no sólo sirve para el control de actividades forestales por el Estado u otras entidades de control o certificación. También tiene una función muy importante en el mejoramiento continuo de las actividades de un proyecto o una empresa. El monitoreo dentro de una unidad de manejo forestal (UMF) puede identificar problemas de daños excesivos a la vegetación remanente, pero también puede identificar cuellos de botella en el proceso de producción y cosecha de la madera.

El monitoreo interno se orienta hacia los objetivos de la UMF o la empresa/organización (la unidad económica) relacionada con la UMF. Esta es la forma de monitoreo de mayor interés en el contexto de este libro, y su proceso se representa en la Fig. 13.3. El monitoreo interno da seguimiento a todas las actividades que forman parte del sistema de aprovechamiento, registrando y evaluando la contribución de cada actividad al cumplimiento de los objetivos de la unidad económica (UE).

Entre los objetivos de la UE se puede incluir el cumplimiento con las normas del Estado, lo que significa que se debe hacer un monitoreo similar al del Estado para aplicar acciones correctivas antes de que el Estado haga su monitoreo, y así evitar multas u otras formas de castigo. De manera similar, las empresas que desean ser certificadas pueden hacer un monitoreo basado en el estándar de certificación para enmendar los posibles problemas antes que el certificador haga su evaluación. En estos casos no es necesario desarrollar normas y/o estándares, sino que se pueden aplicar los ya desarrollados por otras instituciones u organizaciones.

Aparte de estos objetivos, las UE generalmente tienen sus propios objetivos relacionados con su desempeño financiero. El monitoreo del progreso hacia estos objetivos requieren descripciones detalladas de las metas de cada actividad o faena, en términos de productividad (producción por unidad de tiempo, capital o tierra), rendimiento (cantidad de producto por cantidad de materia prima) y eficiencia (cantidad de insumos necesarios por unidad de producto). Además, requiere una descripción de cada actividad o faena: quién debe realizar la actividad o faena, cómo, dónde, cuándo y con qué insumos. Esta información servirá como base para el desarrollo de un “estándar” que define los objetivos de la UE, las metas (criterios) que indican cumplimiento de los objetivos y los indicadores a medir para poder evaluar las metas (un ejemplo se presenta en Recuadro 13.4).



El monitoreo interno busca maximizar los beneficios obtenidos de la UMF.



Recuadro 13.4

Ejemplo de un estándar interno de una Unidad Económica

Objetivo: Maximizar ganancias monetarias con base en la extracción de madera en rollo y venta en patio de aserradero.

Meta 1:

Red vial que optimiza la relación entre costos de construcción y mantenimiento de los caminos y costos de uso y mantenimiento de la maquinaria.

Indicadores potenciales:

1. Uso de información del censo en la planificación de la red vial.
2. Aplicación de criterios de pendiente y drenaje en la ubicación de caminos.
3. Costo y productividad de construcción de caminos por faena o día.
4. Costo de uso de maquinaria por día o faena.
5. Costo de mantenimiento y reparaciones por día o faena; causa de averías.

Meta 2:

Maximizar producción y eficiencia de la tala dentro del marco establecido por el PGM (es decir, dentro del Volumen de Corta Anual Permissible) y sin perjudicar la capacidad productiva del bosque.

Indicadores potenciales:

1. Producción diaria por equipo de motosierristas.
2. Número de árboles dañados por la tala.
3. Existencia y calidad de árboles semilleros.
4. ...

Este tipo de monitoreo es esencial para lograr una actividad sostenible. De hecho, el principio 8 del estándar de Costa Rica (derivado del principio 8 del FSC) exige que “*De acuerdo con la escala del manejo forestal, deberán evaluarse la condición del bosque, el rendimiento de los productos forestales, la cadena de custodia y los impactos sociales y ambientales de la actividad del manejo*” (CNCF 1999). En Costa Rica, según el estándar legal, cada unidad de manejo debe tener sus registros de actividades de manejo y producción, informes del regente, mapas con los árboles a aprovechar y proteger, y, en UMF mayores a 100 ha, Parcelas Permanentes de Muestreo con una intensidad no menor a 1%.

El Recuadro 13.5 muestra un ejemplo de seguimiento de las actividades y sus efectos sobre el bosque y algunos de los posibles beneficios del monitoreo interno. El ejemplo fue tomado de las experiencias del proyecto CATIE-OLAFO en la concesión comunitaria de San Miguel La Palotada, en Petén, Guatemala. El proyecto inició en 1990 con actividades de mejoramiento de sistemas de producción basados en el manejo de los recursos naturales y de la biodiversidad, con el fin de fomentar simultáneamente la conservación y el desarrollo (Reyes y Ammour 1997). Este ejemplo muestra cómo el monitoreo y la investigación ayudaron a ajustar el listado de especies por aprovechar y manejar, ajustar el marco silvicultural (ciclo de corta, diámetro mínimo de corta, intensidad de corta y volumen anual de corta), aumentar el rendimiento e identificar cuellos de botella que inhiben la rentabilidad de las actividades (mejores mercados con demanda de más especies a mejor precio).



Recuadro 13.5

La experiencia de San Miguel La Palotada, Petén

Uno de los enfoques del proyecto de manejo de recursos naturales era la aplicación de prácticas de aprovechamiento de madera que permitieran la permanencia de un bosque productivo y la conservación de la biodiversidad. Para medir los progresos del proyecto en estos aspectos, se decidió monitorear la dinámica del bosque con y sin intervenciones y medir los efectos del aprovechamiento sobre la vegetación remanente. La información obtenida del monitoreo serviría para evaluar, entre otras cosas, si (objetivos específicos del Plan General de Manejo (CATIE 1994)):

- los tratamientos silviculturales propuestos promueven el crecimiento de las especies deseables
- se mantiene la biodiversidad
- se utiliza un mayor número de especies
- el impacto del aprovechamiento se mantiene dentro de límites aceptables
- el manejo propuesto es rentable

En la práctica, las actividades de manejo forestal fueron incipientes. En primera instancia fue necesario recoger información sobre la dinámica del bosque y el potencial de producción y organización de la comunidad, para poder ajustar el PGM en un periodo de cinco años. El PGM de 1994 especifica los registros mínimos que deben llevar los responsables de la UMF para el monitoreo de los aspectos mencionados (CATIE 1994):

- Mapa general de la UMF y los alrededores a escala 1:50.000
- Mapa operacional a escala 1:20.000 que muestre:
 - Áreas de corta anual
 - Áreas no aprovechables y áreas no productivas, según las normas de CONAP
 - Red de carreteras y caminos secundarios y bacadillas
- Listado de árboles a cortar por área de corta
- Listado del volumen de madera obtenido por árbol (en m³)
- Listado de trozas vendidas por tamaño y especie
- Listado de impuestos y multas pagados por el aprovechamiento
- Archivo de insumos y costos de todas las operaciones (por operación).

Además, para dar seguimiento a los efectos sobre la vegetación, se instalaron Parcelas Permanentes de Medición (PPM) y anualmente se registraron los daños causados a la vegetación por el aprovechamiento.

Los resultados de este monitoreo y las evaluaciones *ad-interim* de los datos obtenidos durante el monitoreo dan una buena idea de su utilidad para la planificación del aprovechamiento y manejo. A continuación se ilustran algunos de los hallazgos.



Especies a aprovechar

Durante la primera fase se propuso aprovechar las especies:

caoba (*Swietenia macrophylla*)
cedro (*Cedrela odorata*)
amapola (*Pseudobombax ellipticum*)
canxán (*Terminalia amazonica*)
cola de coche (*Pithecelobium arboreum*)
danto (*Vatairea lundellii*)
jobillo (*Astronium graveolens*)
malerio blanco (*Aspidospermum gomeris*)
malerio colorado (*Aspidospermum megalocarpum*)
manax (*Pseudolmedia oxiphyllaria*)
manchiche (*Lonchocarpus castilloi*)
plumajillo (*Schizolobium parahybum*)
santamaría (*Calophyllum brasiliense*)

Datos de producción y venta de madera indican que sólo se logró comercializar madera de caoba, cedro, jobillo, malerio colorado, manchiche y santamaría. En consecuencia, el nuevo PGM (CATIE 2000) propone aprovechar esas especies y manejar el bosque para futuras cosechas de amapola, ámate (*Ficus involuta*), mano de león (*Dendropanax arboreus*), yaxnik (*Vitex gaumeri*), chechén negro (*Metopium brownei*), y, bajo las restricciones legales vigentes, hormigo (*Platymiscium dimorphandrum*). Las otras especies no se lograron vender (malerio blanco), o tienen muy poca presencia en el área (canxán y danto).

Crecimiento y sus implicaciones para la planificación de la silvicultura

En el primer plan de manejo se establecieron ciclos de corta de 20 y 40 años, según la especie, y Diámetros Mínimos de Corta (DMC) de 60 y 40 cm respectivamente (Cuadro 13.R.1). Esta propuesta se hizo con base en el supuesto crecimiento diamétrico promedio de 5 mm/año. Durante los primeros cinco años, el CC se ajustó a 25 años para todas las especies (Kent *et al* 1997). Sin embargo, el monitoreo durante cinco años de las 21 PPM establecidas en 1993 indicó que el incremento periódico anual para el cedro y la caoba era de 3,4 mm/año y de tan sólo 1,6 mm/año en las otras especies de interés. Además, la mortalidad natural fue de 2% por año. En consecuencia, los CC se ajustaron a 60 años para todas las especies y se varió el DMC como se muestra en Cuadro 13.R.1.



Cuadro 13.R.1 Ajustes al Ciclo de Corta (CC) y al Diámetro Mínimo de Corta (DMC) de las especies actualmente comerciales entre el Plan General de Manejo (PGM) de 1994 y el del 2000, basado en información de cinco años de seguimiento al crecimiento de estas especies en 21 Parcelas Permanentes de Muestreo

Especie	PGM 1994		PGM 2000	
	CC (años)	DMC (cm)	CC (años)	DMC (cm)
Caoba	40	60	60	60
Cedro	40	60	60	60
Santamaría	20	40	60	50
Jobillo	20	40	60	50
Manchiche	20	40	60	50
Malerio colorado	20	40	60	40

Fuente: CATIE (2000)

Rentabilidad de los tratamientos

Pinelo (1997) informa sobre el monitoreo de la reacción de especies seleccionadas en cinco PPM en San Miguel (tres tratamientos, dos testigo) durante un periodo de cuatro años. Encontró que los tratamientos de liberación de copa mejoraron el crecimiento diamétrico anual de 2 mm/año en individuos seleccionables pero no liberados a 5 mm/año en individuos liberados. Kent *et al* (1997) analizaron los costos de los tratamientos con base en 1) la información obtenida con el seguimiento en las PPM, y 2) datos de los informes de seguimiento de los aprovechamientos de 1994 y 1995. Ellos encontraron que los tratamientos son rentables suponiendo:

- los precios actuales en 1996 (1 US\$/pt)
- el rendimiento de 1994 y 1995 (110 pt/m³)
- la necesidad de anillar dos árboles no comerciales para favorecer un árbol de futura cosecha
- un ciclo de corta de 25 años
- un crecimiento diamétrico de 5 mm/año, proyectado por Pinelo (1997)

Los tratamientos fueron rentables, aun aplicándolos cada 12 años. Si se comparan dos escenarios con y sin tratamiento, el último escenario resultó más rentable que los escenarios con uno o dos tratamientos cada ciclo.

El monitoreo y la subsiguiente evaluación de sus datos indican que, aunque desde el punto de vista silvicultural los tratamientos son ventajosos, desde el punto de vista financiero no lo son; por lo menos bajo las condiciones de producción de 1995/96. Kent *et al* (1997) realizaron un análisis de sensibilidad, bajando los costos de los tratamientos. Este mostró una mejora en la rentabilidad de los tratamientos en relación con el escenario sin tratamientos. Al medir la importancia que la comunidad otorga a recibir beneficios hoy *versus* recibirlos en el futuro, se encontró que los habitantes prefieren recibir beneficios hoy y privilegian el escenario sin tratamientos silviculturales.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Sin embargo, los resultados del monitoreo también indican que hay problemas en la producción y el mercadeo, ya que sólo se cortan dos árboles por hectárea (caoba y cedro), con un rendimiento de producción del 26%, muy por debajo de un rendimiento aceptable para el aprovechamiento y aserrío de maderas preciosas (50 a 60%); el precio de la madera aserrada también fue bajo (en 1999 otra comunidad logró vender hasta a US\$2/pt, Carrera, com.pers¹).

Como se ve, el monitoreo ha ayudado en la identificación de componentes específicos del manejo que necesitan ser mejorados para que también mejore la rentabilidad del conjunto de actividades de manejo.

¹ Fernando Carrera, Líder Proyecto CATIE-CONAP, Petén, Guatemala. Octubre 1999.

En esta sección hemos:

- Descrito tres formas de definir el marco del monitoreo:
 - monitoreo estatal (control del cumplimiento de leyes y normas)
 - monitoreo de la sostenibilidad (definición del manejo sostenible en forma de un estándar)
- monitoreo interno (busca mejorar las actividades dentro de una empresa)

13.3 Aspectos a monitorear en el contexto del AIR

Esta sección se refiere sólo al monitoreo que tiene como objetivo mantener o mejorar la calidad de las actividades de aprovechamiento, tanto desde el punto de vista productivo como del punto de vista ecológico y social (monitoreo interno). Para esto, básicamente hay tres grupos de métodos de monitoreo, y cada uno mide diferentes tipos de variables y registra y evalúa diferentes tipos de indicadores.

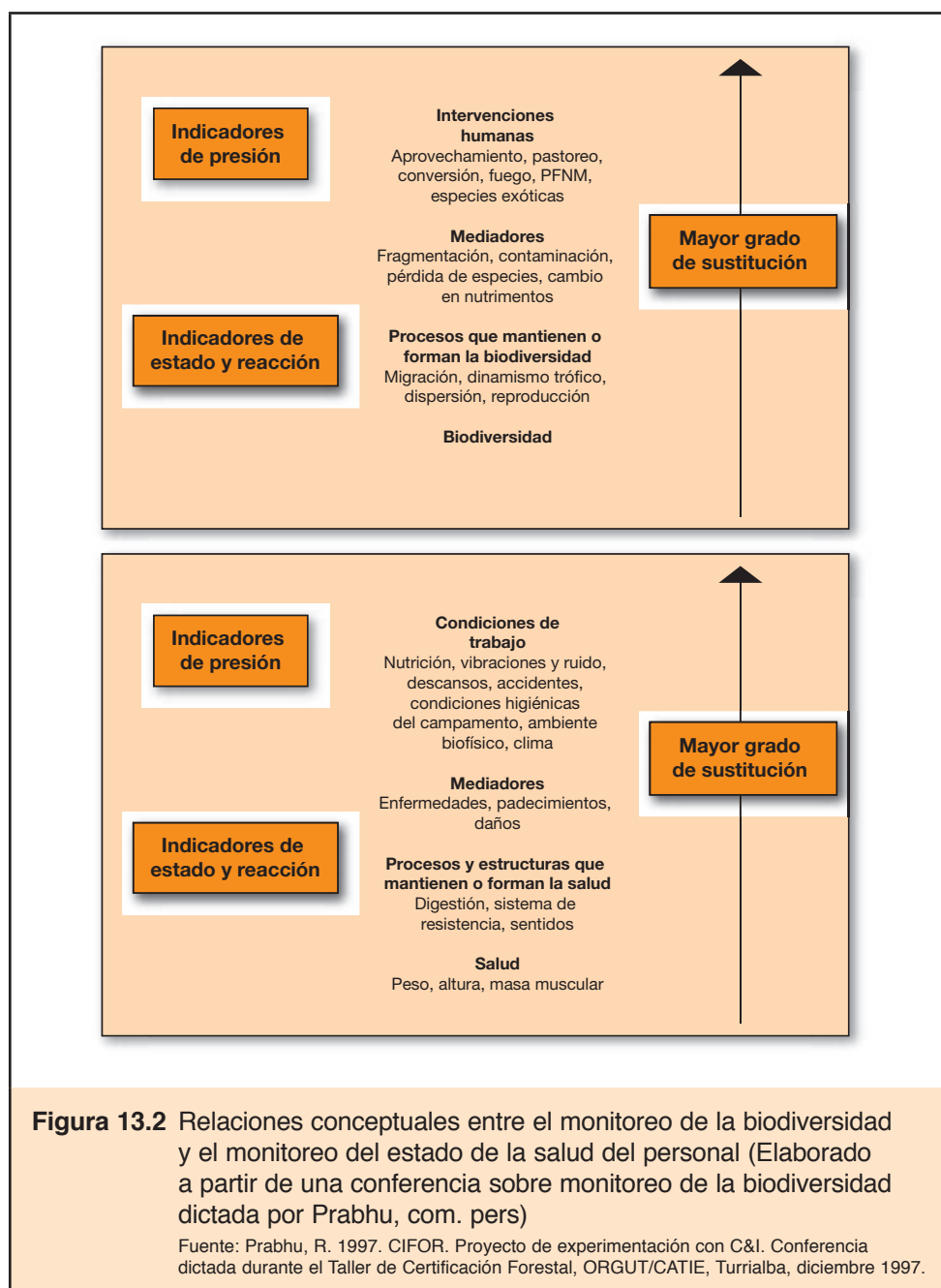
Los métodos de **monitoreo de las actividades forestales** y **monitoreo de las consecuencias** de esas actividades sobre el ambiente biofísico, social, económico y político son relevantes para el monitoreo del aprovechamiento. Además, tenemos el **monitoreo investigativo** que desarrolla y valida C&I en contextos específicos, y trata de encontrar relaciones causales entre (y cambios en) el estado del bosque y la calidad de ciertas actividades forestales. Este tipo de monitoreo es más detallado y a menudo requiere que los datos se registren con frecuencia, por lo que es más caro. Se usa principalmente dentro de sitios de investigación seleccionados. Aguilar (1999), Delgado y Finegan (1999) y Jolón (1999) sugieren diferentes métodos para realizar este tipo de monitoreo en el contexto centroamericano, con base en sus experiencias de evaluaciones a corto plazo de la diversidad vegetal (Delgado y Finegan 1999) y de la fauna Aguilar (1999) y Jolón (1999).

La calidad del aprovechamiento se evalúa mediante el monitoreo de las actividades forestales y sus consecuencias y el monitoreo investigativo.

Seguimiento y evaluación del aprovechamiento

La Fig. 13.2 nos ayuda a entender las relaciones entre ambos tipos de monitoreo y el monitoreo de la biodiversidad. También muestra un diagrama similar para el monitoreo de una parte del ambiente socioeconómico, donde se ha cambiado la meta final “biodiversidad” por la “salud”, con sus respectivos procesos que la mantienen (por ejemplo, la digestión, el sistema nervioso, el sistema musculoso, los sentidos), mediadores (enfermedades, padecimientos, daños) e intervenciones humanas (nutrición, descansos, vibraciones o ruido durante horas prolongadas, accidentes y condiciones higiénicas de un campamento) (ver Capítulo 11).

El monitoreo de las actividades se dirige principalmente a los **indicadores de presión** (intervenciones, condiciones de trabajo, mediadores). El monitoreo de sus consecuencias está más dirigido a los procesos y el cumplimiento de la meta (biodiversidad, salud, ingresos netos). El monitoreo investigativo ayuda a establecer las relaciones entre intervenciones, mediadores, procesos y resultado final.





13.3.1 Medición del cumplimiento de las metas

Reducir los impactos sobre la biodiversidad

En general, todo monitoreo del manejo forestal o componentes del manejo tiene como objetivo final recoger datos para evaluar el progreso y grado de sostenibilidad obtenido por el manejo o componente. Si se habla del aprovechamiento, implica que uno de los principales componentes que se debe monitorear es la biodiversidad: cómo y en qué grado cambia la biodiversidad. Aunque no se sabe con exactitud hasta donde puede cambiar la biodiversidad sin provocar cambios irreversibles y dañinos para la permanencia del bosque, sí hay consenso en cuanto a que se deben buscar métodos de manejo forestal que minimicen estos cambios.

La mejor manera de determinar si hubo o no cambios es medir el estado de la biodiversidad directamente. Este tipo de monitoreo busca determinar los impactos sobre el ambiente y utiliza **indicadores de resultado**. El principal problema de medir la diversidad es el gran número de componentes, particularmente de la fauna, en ecosistemas forestales tropicales. La presencia y abundancia de cada componente (especies) puede variar en el tiempo y el espacio. Para asegurar que realmente se mida toda la diversidad, es necesario considerar todos los componentes de todos los micrositios y en todos los periodos. Con nuestros recursos actuales esto es una tarea imposible.

Por esa razón, se busca validar métodos de monitoreo basados en especies o grupos de especies indicativos de ciertas condiciones de diversidad de los bosques. Los indicadores estudiados por Aguilar (1999) y Jolón (1999) son ejemplos de indicadores del estado de la biodiversidad¹, aunque, hasta que conozcamos mejor las relaciones entre mariposas, escarabajos, mamíferos pequeños y otros grupos de especies de fauna y flora, estos indicadores sólo son representativos para parte de la biodiversidad. En la práctica, estos indicadores se aplican esporádicamente, pues por lo general se requiere de especialistas para interpretar los resultados; por otra parte, los métodos existentes para tomar los datos de campo son exhaustivos en tiempo y financiamiento. Los estudios de Aguilar (1999) y Jolón (1999) pretendían llegar a recomendaciones para mejorar la metodología y así contribuir al proceso de validación de C&I que midan directamente el estado de la biodiversidad².

Mantener o mejorar el estado de salud

De manera semejante a la antes descrita para la biodiversidad, también se puede medir el estado de salud del personal. En algunos países se ha empezado a medir como parte de los estudios de impacto ambiental de proyectos forestales, revisando los datos de puestos de salud y tomando medidas antropométricas (peso, altura y circunferencia en el centro del brazo superior) para estimar el estado de nutrición de las personas (UDC 1994). Una de las desventajas de este tipo de mediciones es que, aunque se miden directamente los impactos con lo que se podrían evitar mayores daños, los daños ya existentes son difíciles de recuperar. Combinar este tipo de monitoreo con un monitoreo de actividades que afectan la salud podría ayudar a dar aviso de problemas potenciales, y así corregir la situación antes de que la salud sea afectada y antes de que haya pérdidas no recuperables.

¹ Riqueza de especies; Diversidad (índices de Shannon-Weiner, Simpson, α de Fisher, índice de equidad, y curva rango-abundancia); y Composición

² La ONG FUNDECOR en Costa Rica es una de las pocas organizaciones que ya han establecido un sistema de monitoreo biológico. Su metodología está basada en el trabajo de Aguilar (1999).



Mantener o mejorar los ingresos netos de la Unidad Económica

De las metas del manejo forestal, el estado de los ingresos netos de la UE es el más fácil de medir, particularmente en el caso de una empresa privada. Si los ingresos no coinciden con lo esperado, el manejo forestal no está cumpliendo con esa meta, por lo que es necesario hacer ajustes. Al igual que en el caso de la salud, puede que dar seguimiento al resultado final de las operaciones (por ejemplo, ingresos netos anuales o semestrales) no sea lo más adecuado. Pero si se combina esta forma de seguimiento con un seguimiento al rendimiento de las actividades individuales se pueden prevenir resultados financieros decepcionantes, e identificar y resolver problemas en el proceso de manejo.

13.3.2 Medición de procesos que mantienen o forman la biodiversidad

Puesto que medir directamente la biodiversidad es tan difícil, se buscan indicadores que de manera indirecta nos señalen los cambios en la biodiversidad, sin tener que medir todos los componentes de los sistemas ecológicos o sociales. En este caso, es necesario conocer las relaciones entre el componente que se mide y la biodiversidad. Los procesos directamente relacionados con la biodiversidad son la producción y la diseminación de semillas y la descomposición de materia orgánica. Los primeros dos, porque influyen en la disponibilidad de semillas de diferentes especies; el último, porque la cantidad y calidad de la materia orgánica presente en y sobre el suelo es uno de los factores determinantes en la germinación y supervivencia de semillas y plántulas de diferentes especies vegetales.

En América Central se han realizado varios estudios sobre los procesos de producción y diseminación de semillas. Ver, por ejemplo, los trabajos en la Isla de Barro Colorado en Panamá (Leigh 1999), y los de Guariguata (1998 y 1999). A nivel experimental también se ha empezado a validar el uso de indicadores sobre la cantidad y calidad de materia muerta en las UMF (Finegan, com. pers.³). Sin embargo, hasta el momento es demasiado temprano para recomendar métodos de monitoreo y evaluación de estos procesos a nivel operacional.

En términos de salud, se podría pensar en el monitoreo del sistema de resistencia (muestras de sangre), aunque, a diferencia del seguimiento a la biodiversidad, medir parámetros del estado final de salud (peso, altura, masa muscular) probablemente sea más fácil que medir el estado de los procesos.

13.3.3 Seguimiento a las intervenciones humanas

En la práctica, esta forma de monitoreo es la más común. Otros autores (Higman *et al.* 1999) se refieren a este tipo de monitoreo como ‘monitoreo operacional’, pues permite verificar si las prácticas cumplen con normas o expectativas. Generalmente consiste en mantener registros de las actividades (qué se hace, dónde, cuándo, cómo y cuánto cuesta) y de sus efectos inmediatos (árboles dañados por la tala, área afectada por caminos y pistas de arrastre).

³ B. Finegan, Cátedra Latinoamericana de Ecología para el Manejo de Bosques Naturales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, junio 2000



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

Este tipo de monitoreo busca recavar información para poder responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el rendimiento de las actividades?
2. ¿Hay problemas que afectan el rendimiento?
3. ¿Se mantienen las actividades dentro de las normas establecidas (por ley, reglamentos internos de la empresa, certificación forestal, etc.)?

Para responder a la pregunta 1) se necesita mantener, por lo menos, registros de insumos y productos por faena. Con un chequeo mensual de los registros, o cada tres o cuatro meses, se puede detectar cambios en el rendimiento. Si el cambio fuera negativo, habrá que hacer estudios de tiempos y movimientos para determinar dónde está el problema y cómo se podría resolver (pregunta 2).

Hay varias formas de hacer los estudios de tiempos y movimientos: seguimiento completo de las actividades (tiempo completo), por muestreo, o tomando datos de insumos y productos al inicio y al final de las actividades (por faena). Estos estudios entran en el ámbito de las mediciones detalladas y costosas, y son más bien herramientas de investigación, por lo que no forman parte del monitoreo habitual. No obstante, el registro de datos puede ser una actividad integral de las tareas diarias del personal supervisor de cada operación.

La respuesta a la tercera pregunta requiere un monitoreo que generalmente es más difícil de compatibilizar con las tareas diarias y depende mucho de observaciones en el campo. La mayoría de los aspectos a los cuáles se debe dar seguimiento en este tipo de monitoreo están directamente ligados con los impactos (Capítulos 11 y 12). Entre los aspectos que más impacto pueden causar, por lo que su seguimiento es de mayor importancia, se encuentran las actividades que afectan las dimensiones de los claros y la capacidad de infiltración de los suelos. Estos dos podrían ser criterios de un principio de mantenimiento del ambiente, con uno o más de los siguientes aspectos como indicadores:

- cantidad de árboles a aprovechar y conservar
- distribución de esos árboles en el área
- área de caminos y su ubicación
- aplicación de tala dirigida
- aplicación de arrastre controlado
- aplicación de normas de construcción de caminos y patios
- áreas de protección de pendientes y orillas de cursos hídricos
- cierre de caminos después del aprovechamiento
- control de cambio de uso
- control de cacería

En el ámbito social y de salud ocupacional se debe dar seguimiento a:

- uso de equipo de seguridad
- uso adecuado de maquinaria
- facilidades sanitarias y estado higiénico de los campamentos
- alimentación de los trabajadores

Para todos estos parámetros se podrían formular valores de referencia que deben igualarse o superarse (normas) y que formarán parte del estándar.



13.3.4 Monitoreo investigativo

El monitoreo investigativo debe acompañar a las otras formas de monitoreo para asegurar que se siguen dando los resultados esperados, y para mejorar la eficiencia y exactitud del monitoreo. Sin embargo, muchas UE no tienen la capacidad financiera, ni los recursos humanos y equipo para este tipo de monitoreo. En esta forma de monitoreo es recomendable que participen tanto el Estado como organizaciones académicas y las UE involucradas.

Ejemplos de monitoreo investigativo son las mediciones de la dinámica del bosque en PPM, la búsqueda y validación de indicadores eficientes y efectivos que reflejen el estado de, por ejemplo, la biodiversidad, y los estudios de tiempos y movimientos.

En esta sección hemos:

- Descrito los métodos del monitoreo relacionado a mantener o mejorar la calidad de las actividades del aprovechamiento desde los puntos de vista productivo, ecológico y social:
 - monitoreo de las actividades forestales
 - monitoreo de las consecuencias
 - monitoreo investigativo

13.4 El monitoreo como parte del sistema de aprovechamiento

Desarrollar estándares no es suficiente para un sistema de evaluación; es solamente una parte. Cuando ya hemos definido los criterios e indicadores que nos indican los aspectos que tenemos que monitorear, pasamos a definir cómo, cuándo y quiénes deben hacer el monitoreo. Es muchas veces al llevar los C&I a la práctica cuando encontramos problemas: la recolección de información demanda mucho tiempo, es difícil de recolectar (por ejemplo, determinar el contenido de minerales del sedimento que lleva un río como consecuencia del aprovechamiento de madera), es cara, o no hay personal calificado que pueda recoger y analizar los datos de manera adecuada.

Por esta razón, durante el proceso de desarrollo de un sistema de monitoreo hay que pensar en el método de medición y los recursos necesarios para realizar las mediciones que cada indicador demanda. Una vez que la propuesta de monitoreo está completa, hay que validar el sistema en la práctica.



El monitoreo debe diseñarse y probarse con anticipación para asegurarnos de que realmente cumpla con su cometido.

Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

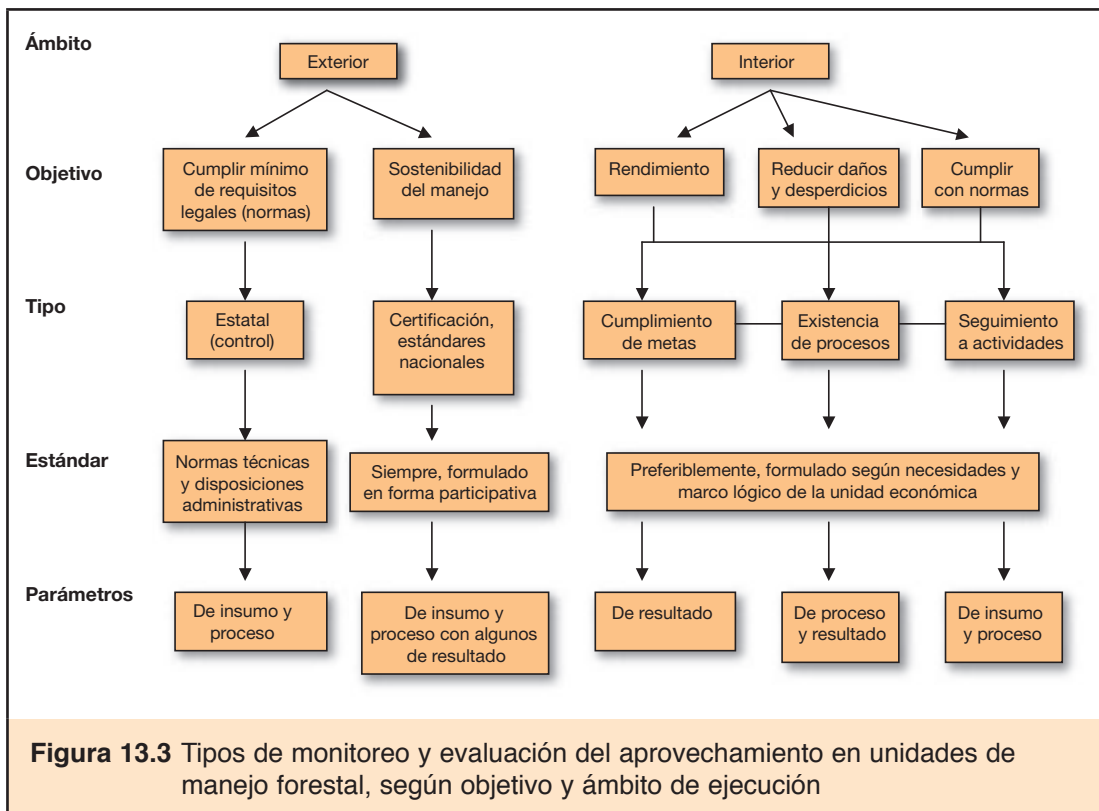
Probablemente es aquí donde el uso de P, C&I ha tenido los mayores problemas, particularmente en el contexto de la certificación, donde su aplicación en forma transparente es imprescindible. Si, por ejemplo, el número de árboles dañados se usa como indicador de reducción de daños, y se establece una norma de daños a la vegetación remanente de un máximo de cinco árboles dañados por árbol tumbado, pero no se indica cómo se establece el daño a un árbol, un certificador podría interpretar el indicador como árboles muertos, mientras que otro podría incluir árboles muertos, con daños serios y con daños livianos. Es decir que una misma operación forestal podría cumplir con el indicador en el primer caso, pero fallar en el segundo. Mientras no existan guías claras y precisas del sistema de monitoreo que el certificador, empresa, u organización del estado deba aplicar, el monitoreo no va a ser transparente, lo que hace que se pierdan las grandes ventajas del monitoreo y la evaluación del manejo forestal.

¿Cuáles, entonces deberían ser los pasos para desarrollar un sistema de monitoreo? A continuación proponemos varios pasos para llegar a un proceso de monitoreo aplicable. Hay que considerar, sin embargo, que este es un proceso continuo durante el cual se puede, y debe, retomar pasos anteriores y ajustar los diferentes componentes.

13.4.1 Pasos para desarrollar un sistema de monitoreo del aprovechamiento

a) Definir el ámbito y los objetivos del monitoreo

Este paso es necesario para determinar el tipo de monitoreo que debemos emplear, y es esencial para determinar los parámetros a medir y las herramientas a aplicar durante el monitoreo (pasos c y d). Antes definimos los dos ámbitos principales del monitoreo: el externo, que puede ser de control (cumplimiento de leyes y normas) o para mejorar la sostenibilidad (la certificación), y el interno (Fig. 13. 3). Ya que el último es el que busca mejorar las operaciones de aprovechamiento, los ejemplos en esta y siguientes secciones se limitarán al monitoreo interno. Sus objetivos pueden ser, entre otros, mantener o mejorar el rendimiento, y/o mantener los impactos ambientales y sociales dentro de límites aceptables.



b) Revisar objetivos y actividades del proyecto o programa a monitorear

Generalmente el objetivo principal de las actividades de aprovechamiento es generar un cierto nivel de ingresos, con objetivos secundarios de más o menos importancia, como mantener la biodiversidad y el bienestar de los trabajadores y las comunidades aledañas. Aunque la importancia relativa de cada objetivo dentro del programa o proyecto a monitorear no necesariamente cambia los parámetros a medir, sí puede influir en el peso de cada parámetro al momento de la evaluación, y en los valores de referencia (normas) aceptables para los impactos causados por las actividades del aprovechamiento.

Por ejemplo, es diferente hacer un aprovechamiento dentro de una zona de amortiguamiento de un área protegida, que en un área de bosques ya fragmentados. En el primer caso habrá esperanzas de poder mantener la biodiversidad en niveles parecidos a los del área protegida, mientras que en el segundo caso, la fragmentación lo hace muy improbable. Además, en ambos casos, las alternativas de uso de la tierra serán diferentes, al igual que la probabilidad de un cambio de uso. Dependiendo de la importancia del fragmento para la biodiversidad del paisaje y su importancia para proteger suelos y/o cursos hídricos, se podría permitir aprovechamientos más (en caso de que, de todos modos, no se va a lograr mantener el mismo nivel de diversidad y/o que haya un alto riesgo de cambio de uso) o menos intensivos, llegando a vegetaciones mejor adaptadas a las condiciones de fragmentación. En este caso, el monitoreo de la diversidad debe contener los mismos indicadores que en el caso del aprovechamiento en un bosque no fragmentado, pero se permitirá mayores cambios hasta llegar al tipo de vegetación deseado.



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

De manera similar, el monitoreo de operaciones netamente comerciales medirá los mismos parámetros, pero será más exigente en cuanto a los valores de referencia relacionados con el rendimiento e ingresos netos, que el aprovechamiento dentro de zonas de amortiguamiento de áreas protegidas.

c) Desarrollar un estándar para el monitoreo

Según el tipo de proyecto, sus objetivos y los objetivos del monitoreo, hay que desarrollar y validar los estándares (objetivos, metas e indicadores) que formarán el marco para las actividades del monitoreo. Ya se han mostrado varios ejemplos de componentes de estándares (por ejemplo, Recuadro 13.4). Es importante que el estándar sea aplicable; es decir que tenga indicadores prácticos, limitados al mínimo, y cuyos resultados sean fáciles de interpretar. De Camino *et al.* (2000) elaboraron un estándar para un bosque de pinos en Honduras y otro latifoliado en Brasil (Cuadro 13.1), el cual es relativamente manejable, aunque las UE para las que se elaboraron los estándares no tienen suficiente información actualizada para poder medir todos los indicadores. Estos estándares se refieren al manejo y han incorporado un número de indicadores de resultado, los cuales, como se dijo anteriormente, son más difíciles y costosos de medir. Para el monitoreo interno del aprovechamiento se pueden simplificar las mediciones con los parámetros indicados en el Acápite 13.2.3.

Cuadro 13.1 Tamaño de diferentes estándares de manejo forestal sostenible propuestos para América Central y Brasil				
Autores	Dimensiones	Principios	Criterios	Indicadores
Camino <i>et al.</i> (2000). Honduras (pino)	3	6	14	46
Brasil (latifoliado)	3	5	11	35
Carrera <i>et al.</i> (2001) Antes de validación		6	32	122
Después de validación		5	24	67
CNCF (1999)*		9	30	51**

* Para bosques naturales primarios e intervenidos. Además hay un principio para plantaciones y otro para bosques secundarios.

** Varios criterios no tienen indicadores

d) Elaborar métodos y herramientas para recoger la información necesaria para dar valor a los indicadores

Pocos trabajos se han realizado para homogenizar los métodos de medición de los parámetros en el campo. Para América Central destacan los esfuerzos de Finegan *et al.* 2004, que están elaborando un protocolo para el monitoreo biológico dentro del marco de la certificación forestal. Además, la guía práctica desarrollada por Padovan (2001) para la evaluación del manejo de áreas protegidas sirvió como base para la propuesta de un sistema de monitoreo de las unidades de manejo en El Petén, Guatemala (CONAP 2002); ver ejemplo en Cuadro 13.2.



Cuadro 13.2 Ejemplo de un protocolo para un indicador del estándar para el monitoreo de las concesiones en El Petén, Guatemala

DIMENSIÓN AMBIENTAL			
Principio 1: Se mantienen los ecosistemas naturales, sus funciones y sitios arqueológicos			
Criterio 1.3: Se reducen los daños al bosque, suelo y agua en las actividades forestales maderables y no maderables			
Indicador 1.3.2: Individuos de especies de interés (comerciales y protegidas) afectadas en las operaciones de tumba			
Protocolo: Individuos de especies de interés afectadas en las operaciones de tumba			
Variables a recolectar ¿Qué se mide?	Forma de recolección ¿Cómo se mide?	Escala de recolección ¿Dónde se mide?	Frecuencia y responsable ¿Cuándo y quién recolecta la información?
Porcentaje de sitios de tumba con al menos dos árboles mayores a 10 cm dap de especies de alto valor comercial o protegidas seriamente dañados	Para la identificación del número porcentual de daños, se tomará como base una muestra de 10 árboles al azar. De estos se anotarán los sitios donde haya por lo menos dos árboles dañados de especies comerciales o protegidas El porcentaje de sitios sin daños se obtendrá de la relación de sitios respecto al total Se entiende como árboles dañados a aquellos descopados y derribados como consecuencia de la tumba	Concesiones comunitarias Concesiones industriales Cooperativas	Anual Regente forestal
Norma:			
En el 70% o más de los sitios de tumba no existe más de un individuo de especies de interés (comerciales y protegidas) mayor a 10 cm dap afectado por la operación de tumba.			
Escala de valoración:			
Calificación	Descripción		
1	En menos del 50% de los sitios de tumba no hay más de un individuo de especies de interés (comerciales y protegidas) afectado por las operaciones de tumba		
2	Entre el 50 y 70% de los sitios de tumba no hay más de un individuo de especies de interés (comerciales y protegidas) afectado por las operaciones de tumba		
3	En más del 70% de los sitios de tumba no hay más de un individuo de especies de interés (comerciales y protegidas) afectado por las operaciones de tumba		
4	En ningún sitio de tumba hay más de un individuo de especies de interés (comerciales y protegidas) afectado por las operaciones de tumba		



e) Definir quiénes deberían de registrar y analizar la información requerida, y cuándo se realizarán los análisis periódicos

Los trabajos de Aguilar (1999), Padovan (2001), McGinley y Finegan (2002) y CONAP (2002) indican la importancia de definir el momento y la frecuencia de la toma de datos en el campo para asegurar que sean representativos y/o eficientes en medir los cambios.

Por ejemplo, medir claros inmediatamente después del aprovechamiento dará resultados muy diferentes a medirlos cinco años después. Los primeros datos revelan la calidad del aprovechamiento, pero los impactos sólo se pueden medir aplicando una serie de mediciones en el tiempo, con una frecuencia tal que permita reconocer los cambios que ocurren. En el caso de los claros, la frecuencia permite evaluar el nivel de recuperación de la vegetación en esos sitios; por ello, se deben hacer mediciones anuales los primeros tres años, cuando la vegetación responde rápido a la creación del claro. Pero una vez que la cobertura se cierra, toma más tiempo detectar los cambios en la vegetación, por lo que una medición cada cinco años será suficiente si lo que se quiere es monitorear la evolución de los claros (monitoreo investigativo); si lo que se necesita saber es si la vegetación leñosa se recupera, ya no será necesario monitorear más. El Cuadro 13.3 presenta un ejemplo de frecuencia de toma de datos en unidades de manejo en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. El objetivo principal del monitoreo era detectar debilidades en el manejo de los recursos forestales para mejorarlo, si era del caso, y mejorar el bienestar de las poblaciones locales.

El mismo Cuadro 13.3 también muestra la delegación del trabajo de toma de datos a diferentes personas o grupos de personas. A nivel de UE, se podría pensar en delegar responsabilidades de monitoreo a los supervisores de actividades (como la Junta Directiva), y formar un equipo especial de monitoreo para otros datos (tipo regente), dirigidos por una autoridad superior (CONAP, en el ejemplo), que tenga la responsabilidad final por la calidad de los datos y su interpretación. Esta autoridad tendrá la responsabilidad directa del monitoreo del desempeño de la UE, vigilar la variación de la cobertura del bosque natural (indicador 1.1.1 en Cuadro 13.3) y la superficie del bosque natural afectado por incendios (indicador 1.3.2). En el caso de Petén, el regente (o equipo de monitoreo de una UE) tiene la responsabilidad de monitorear los daños causados por las operaciones (indicadores 1.2.4 hasta 1.3.3B). La toma de datos sobre el rendimiento de las actividades no aparece en el Cuadro 13.3, pero bien podría ser responsabilidad de los supervisores de las actividades, siempre con una auditoría en forma de muestreo para verificar la validez de la información.



Cuadro 13.3 Manipulación de los indicadores de la Dimensión Ambiental en bosques monitoreados en Petén Guatemala. La responsabilidad final del monitoreo es de CONAP, pero parte de la toma de información la delega a otros; la información se controla aplicando una auditoría por muestreo para verificar la autenticidad de la información brindada.

Indicador	Responsable de la presentación de información			Frecuencia de evaluación (años)				
	CONAP	Regente Forestal	Junta Directiva	1	2	3	4	5
Dimensión Ambiental								
1.1.1								
1.1.2								
1.2.1								
1.2.2 A								
1.2.2 B								
1.2.3								
1.2.4								
1.3.1 A								
1.3.1.B								
1.3.1.C								
1.3.2								
1.3.3 A								
1.3.3 B								
1.4.1 A								
1.4.1 B								
1.4.2								
1.5.1								

Fuente: Adaptado de Anexo 2 (CONAP 2002)

f) Elaborar métodos y esquema de evaluación de los resultados del monitoreo, y desarrollo de valores de referencia para los diferentes indicadores

Camino *et al.* (2000) proponen un método objetivo para la evaluación de unidades de manejo, basado en un estándar jerárquico con valores cuantitativos entre 0 y 1 para todos sus parámetros⁴, y aplicando conceptos de conjuntos difusos donde el valor del componente con menor desempeño determina el valor del conjunto. Se parte del supuesto de que para que se cumpla con un criterio, se debe cumplir con todos sus indicadores.

⁴ Para llegar a los valores 0 y 1 es importante establecer, para cada indicador, valores de referencia que den un rango de valores reales aceptables. Camino *et al.* (2000) utilizan un valor α para indicar un mínimo aceptable y β para el valor arriba del cual se cumple con el indicador. Todos los indicadores inferiores a α recibirán un valor de 0 durante la evaluación, los indicadores entre α y β recibirán un valor determinado por la fórmula $(x-\alpha)/(\beta-\alpha)$ si $\alpha < \beta$ ó $(\alpha-u)/(\beta-\alpha)$ si $\alpha > \beta$, y los mayores a β un valor de 1.



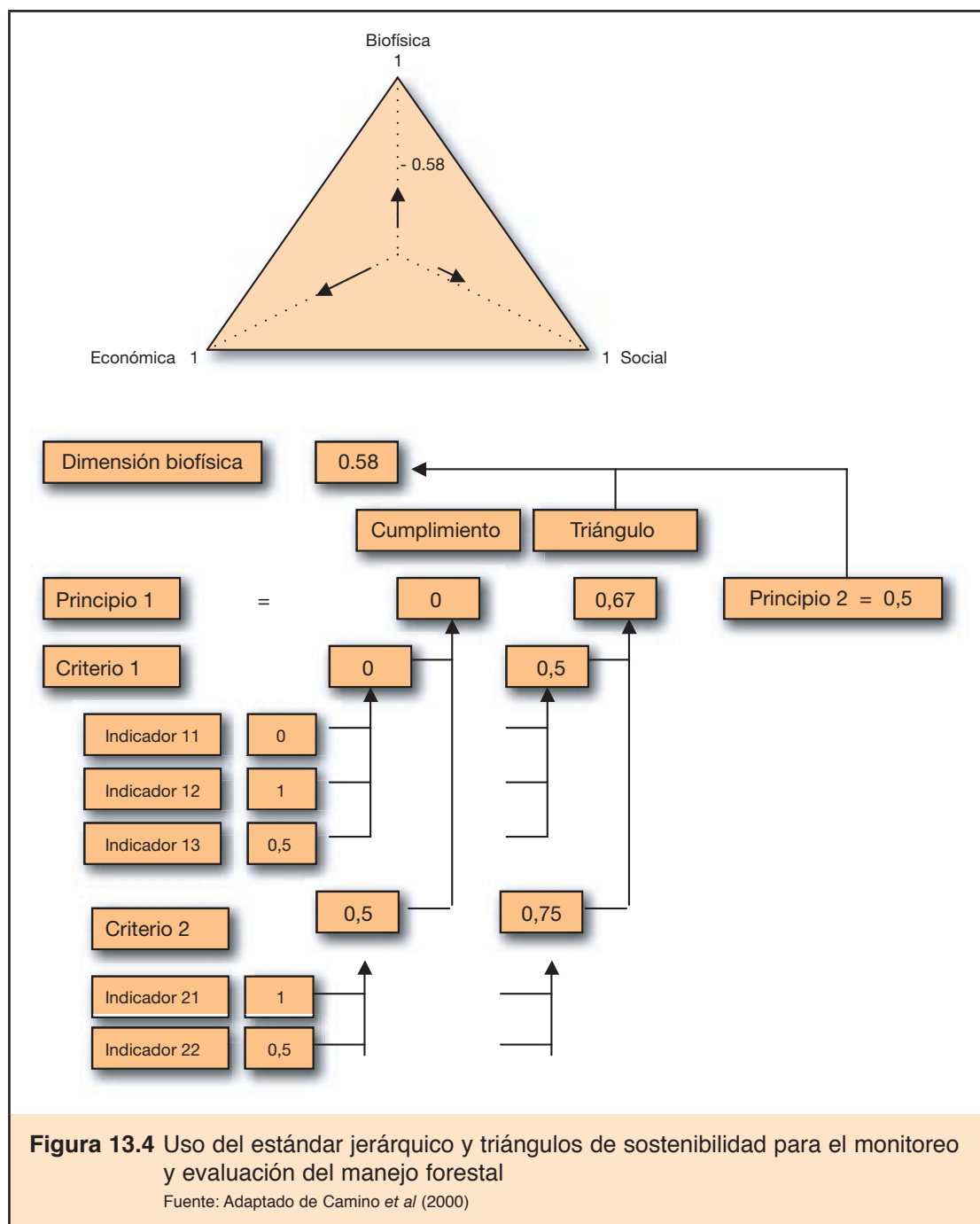
Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

En el caso de que alguno de los indicadores no se cumpla, este será el principal obstáculo para el cumplimiento del criterio. Este método permite construir un triángulo de sostenibilidad con tres vértices que representan las tres dimensiones: social, económica y biofísica. Para este cálculo, sin embargo, se toma el valor promedio de los componentes de un conjunto. Por ejemplo, un principio tiene dos criterios, cada uno con dos y tres indicadores, respectivamente. Si los valores de los indicadores I.1.1, I.1.2 e I.1.3 del criterio 1 y I.2.1 e I.2.2 del criterio 2 tienen valores de 0, 1, 0,5, 1 y 0,5, respectivamente, los valores de los criterios serán 0 y 0,5 para la evaluación del cumplimiento de los criterios (criterio 1 no se cumple, criterio 2 necesita mejorar) y, en consecuencia, el principio no se cumple (tendrá un valor de 0). Por otro lado, para la construcción del triángulo de sostenibilidad, los criterios tendrán un valor de 0,5 y 0,75 respectivamente, dando un valor de 0,67 al principio. Si la dimensión, por ejemplo biofísica, tiene otro principio con valor 0,5, el sistema recibirá un valor de $(0,5+0,67)/2 = 0,58$ sobre el vértice de la dimensión biofísica (Fig. 13.4). Entre más cerca estén los valores de las dimensiones de un sistema de manejo al valor 1, mejor será la condición del sistema.

Los resultados de la evaluación ayudan a orientar acciones correctivas para poder llegar a un manejo sostenible. Así, Camino *et al.* (2000) proponen dar un color rojo (¡Peligro!) a componentes que reciben el valor 0, amarillo (¡Cuidado!) a componentes con valor 0,5, y verde a los que cumplen claramente con los valores de referencia previamente establecidos. Este sistema fue desarrollado para el monitoreo y evaluación del manejo. Sin embargo, se podría aplicar un sistema similar para el aprovechamiento, utilizando indicadores y criterios relacionados con los objetivos del monitoreo y aprovechamiento.

Un aspecto que este sistema no incorpora es el peso que se puede dar a diferentes indicadores. Por ejemplo, en el sistema propuesto por Camino *et al.* (2000), todos los indicadores tienen el mismo peso y un solo indicador determina el cumplimiento de un principio. En la certificación forestal es práctica común dar valores de 0 a 4 (Padovan 2001, y Recuadro 13.3) o de 1 a 5 a los indicadores (por ejemplo, Smartwood aplica esta escala a nivel de criterios y según la opinión profesional del equipo evaluador (Smartwood 2000)) y generalmente se aceptan valores bajos si un valor bajo se compensa con un valor alto en otro indicador del mismo criterio (p. ej., si se utilizan promedios en el sistema de Fig. 13.4, ó, como en el caso de la certificación, según “opinión profesional”), o bien si no se trata de un componente esencial de la sostenibilidad. En este último caso, se podría asignar un mayor peso al indicador en el momento de calcular el valor promedio de un criterio. El dar diferentes pesos a los indicadores, sin embargo, introduce un aspecto subjetivo en la evaluación, por lo que es importante que se establezcan los indicadores después de consultas con los diferentes actores involucrados en el aprovechamiento y manejo.

Hasta el momento, el sistema propuesto por Camino *et al.* (2000) es el único objetivo y transparente conocido por el autor para el monitoreo y evaluación del manejo en América Central.





Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- g) Capacitar al personal de la organización que realiza el monitoreo y asegurarse de que el personal responsable del manejo esté capacitado en la ejecución de sus labores, de manera que el aprovechamiento y el manejo cumplan con los objetivos**

Aparte de tener personal capacitado en sus tareas y personal especializado en la planificación y ejecución del monitoreo, es importante que los trabajadores se den cuenta de la importancia del monitoreo y de las necesidades de información. Una de las principales dificultades del monitoreo es la falta de datos necesarios para el monitoreo y la evaluación (Camino *et al.* 2000, Padovan 2001, McGinley y Finegan 2002). Muchos de estos datos se podrían conseguir por medio de registros sencillos y frecuentes realizados por el personal responsable de las diferentes actividades, pero el desconocimiento o la falta de identificación con los objetivos del monitoreo hacen que tal información no se recolecte cuando se debe.

- h) Investigar y validar indicadores que sean fáciles de aplicar y que midan directamente los impactos del aprovechamiento y otras actividades del manejo forestal, tanto en el ámbito ecológico como en los ámbitos social, económico, cultural y político**

Esto forma parte del monitoreo investigativo. Para completar un sistema de monitoreo, es importante buscar la colaboración de organizaciones académicas que puedan ayudar a mejorar los métodos de monitoreo y evaluación.

- i) Establecer mecanismos de retroalimentación y apelación**

Hay que establecer con claridad qué se va a hacer con los resultados del monitoreo y evaluación, quiénes son los responsables de que las conclusiones se tomen en cuenta a la hora de las decisiones y con qué frecuencia se hará. Además, hay que establecer un mecanismo que permita que los actores afectados por las acciones correctivas puedan apelar contra las decisiones, garantizando que sus comentarios sean tomados en cuenta por quienes toman las decisiones. Por ejemplo, si el desempeño de un operador de un tractor ha sido evaluado y resulta inaceptable, debe existir una estructura formal dentro de la UE que permita al operador defenderse o justificar sus acciones; la presencia de un mediador neutral siempre es recomendable en situaciones como esta.



En esta sección hemos:

- Indicado los pasos para desarrollar un sistema de monitoreo aplicable:
 - Definir el ámbito y los objetivos del monitoreo
 - Revisar objetivos y actividades del proyecto o programa a monitorear
 - Desarrollar un estándar para el monitoreo.
 - Elaborar métodos y herramientas para recoger la información necesaria para dar valor a los indicadores.
 - Definir quiénes deberían de registrar y analizar la información requerida, y cuándo se realizarán los análisis periódicos.
 - Elaborar métodos y esquemas de evaluación de los resultados del monitoreo, y desarrollo de valores de referencia para los diferentes indicadores.
 - Capacitar al personal de la organización que realiza el monitoreo y asegurarse de que el personal responsable del manejo esté capacitado en la ejecución de sus labores, de manera que el aprovechamiento y el manejo cumplan con los objetivos.
 - Investigar y validar indicadores que sean fáciles de aplicar y que midan directamente los impactos del aprovechamiento y otras actividades del manejo forestal, tanto en el ámbito ecológico como en los ámbitos social, económico, cultural y político.
 - Establecer mecanismos de retroalimentación y apelación.

13. 5 Bibliografía

- Aguilar, NA. 1999. Criterios e indicadores de sostenibilidad ecológica: caracterización de la respuesta de dos grupos de insectos propuestos como verificadores. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 74 p.
- Carrera, JR; Campos, JJ; Morales, J; Louman, B. 2001. Evaluación de indicadores para el monitoreo de concesiones forestales en Petén, Guatemala. *Revista Forestal Centroamericana* 34:84-88.
- CATIE. 1994. Plan de manejo forestal para la unidad de manejo San Miguel, El Petén, Guatemala. Turrialba, CR, CATIE. 27 p + 12 anexos. (Documento de trabajo no. 9).
- _____. 2000. Plan general de manejo forestal diversificado de la concesión comunitaria de San Miguel La Palotada. Turrialba, CR, CATIE.
- CIFOR. 1999. Criteria and indicator toolbox series. CIFOR Jakarta, Indonesia. 9 volúmenes.
- CNCF (Comisión Nacional de Certificación Forestal, CR). 1999. Estándares y procedimientos para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica. Turrialba, CR, PNUD/CATIE. 54 p.
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2002. Sistema de Monitoreo y Evaluación de Desempeño en Unidades de Manejo de Bosque Natural en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Ciudad de Guatemala, CONAP. 129 p.
- De Camino, R; De Camino, T; Alvarado, C; Ferreira, O; Ferreira, S; Eldik, T. 2000. Desarrollo de una metodología práctica de seguimiento y evaluación de la sostenibilidad del manejo forestal en bosque húmedo tropical primario en Brasil y bosque de pinos naturales en Honduras. In Berdegú, JA; Escobar, G. eds. 2000. Seguimiento y evaluación del manejo de recursos naturales. Santiago, Chile, Fundación de Comunicaciones del Agro (FUCOA), Ministerio de Agricultura. pp 81-160.
- Delgado, D; Finegan, B. 1999. Biodiversidad vegetal en bosques manejados. *Revista Forestal Centroamericana* 25:14-20.
- Finegan, B; Hayes, J; Delgado, D; Gretzinger, S. 2004. Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo: Una guía para operadores forestales y certificadores con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación. San José, Costa Rica, PROARCA/CATIE/Oregon State University. 116 p.
- FSC. 2000. Principios y criterios para el manejo forestal. Revisado febrero 2000. Consultado el 18/07/02: http://www.fscoax.org/pag_esp.htm (Documento No. 1.2)



Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales

- Guariguata, M. 1998. Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal. Turrialba, CR, CATIE. 27 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 304. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 14).
- _____. 1999. Biología de semillas y plántulas de nueve especies arbóreas comunes en bosques secundarios de bajura en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 17 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 309. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 16).
- Henderson, J. 1990. Damage-controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname. Wageningen, Netherlands, Agricultural University. 204 p.
- Higman, S; Bass, S; Judd, N; Mayers, J; Nussbaum, R. 1999. The sustainable forestry handbook. A practical guide for tropical forest managers on implementing new standards. London, England, IIED/SGS. Earthscan Publications. 289 p.
- ICSI. 1996. Intergovernmental Seminar on Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management. Helsinki, Finlandia. 131 p.
- Jolón, MR. 1999. Establecimiento de la línea base de información de biodiversidad del bosque manejado en San Miguel La Palotada, Petén, Guatemala y su aplicación en el monitoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 77 p + 8 anexos.
- Kent, J; Standley, S; Marmillod, D. 1997. Evaluación de la factibilidad financiera de tratamientos silviculturales en una concesión comunitaria en Petén, Guatemala. In Sabogal, C; Camacho, M; Guariguata, M. eds. Experiencias prácticas y prioridades de investigación en silvicultura de bosques naturales en América tropical. (1997, Santa Cruz, Bolivia). Actas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p 201-205.
- Leigh, EG Jr. 1999. Tropical forest ecology. A view from Barro Colorado Island. New York, Oxford University Press. 245 p.
- McGinley, K; Finegan, B. 2002. Evaluación de la sostenibilidad para el manejo forestal; determinación de un estándar integrado y adaptativo para la evaluación de la sostenibilidad ecológica del manejo forestal en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 75 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 330. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 26).
- Obando, G. 1997. Evaluación del desempeño de un diseño de vías de transporte menor asistido por computadora para el aprovechamiento selectivo de guácimo (*Goethalsia meiantha*) en un bosque húmedo tropical de tierras bajas, Sarapiquí, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.
- Padovan, M. 2001. Formulación de un estándar y un procedimiento para la certificación del manejo de áreas protegidas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 229 p.
- Pedroni, L; DE Camino, R. 2001. Un marco lógico para la formulación de estándares de manejo forestal sostenible. Turrialba, CR, CATIE. 37 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 317; Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 19).
- Pinelo Morales, GI. 1997. Dinámica del bosque petenero : avances de investigación en Petén, Guatemala. Turrialba, CR, CATIE. 48 p. (Informe Técnico no. 296; Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya no. 7)
- Prabhu, R; Colfer, CJP; Venkateswarlu, P; Cheng Tan, L; Soekmadi, R; Wollenberg, E. 1996. Testing criteria and indicators for the sustainable management of forests: Phase 1 final report. CIFOR special publication. Jakarta, Indonesia, CIFOR. 217 p.
- Reyes Rodas, R; Ammour, T. 1997 Sostenibilidad de los sistemas de producción en la concesión comunitaria de San Miguel, Petén, Guatemala. Petén, Guatemala, CATIE. 30 p.
- Saravia-Cruz, H; Louman, B. 1999. Monitoreo forestal en Nicaragua. Revista Forestal Centroamericana 25:21-25.
- Smartwood. 2000. Resumen público de certificación de Paya y Copén, Colón, Honduras. Consultado el 5 de junio 2000: <http://www.smartwood.org/reports/paya.html>
- TROPENBOS. 1997. Principles, Criteria and Indicators; Hierarchical framework for the formulation of sustainable forest management standards. Wageningen, Holanda. 82 p.
- UDC (Unitech Development and Consultancy Pty Ltd). 1994. Environmental plan, Bainings Consolidated Timber Area. Preparado para Nangal Pty Ltd. University of Technology, Lae, Papua New Guinea. 86 p + anexos y mapas.

Anexo

Anexo 3.1

Formato del Plan Operativo Anual de Aprovechamiento (POAa)¹

Nombre del PGM: _____

Periodo del POA: _____

Localización: Sitio/Comarca/Caserío: _____

Municipio/Distrito: _____

Departamento/Provincia: _____

Superficie: Área total: _____ ha (100%)

Área efectiva: _____ ha (____ %)

Área de protección: _____ ha (____ %)

Código de expediente

Año	Departamento/Provincia	Número	No. POA

Dueño de la propiedad: _____

Dirección: _____

Teléfono _____ Firma _____

Elaborado por: _____

Dirección: _____

Teléfono _____ Firma _____

Carné de colegiado: _____

No. registro AFE: _____

1. RESUMEN EJECUTIVO DEL PLAN

2. OBJETIVOS DEL PLAN

¹ Fuente: Quirós D; Bermúdez, G; Louman, B; de Camino, R. 2004. Los planes de manejos como herramientas para la planificación. In Orozco Vélchez, L. ed. Planificación del manejo diversificado de bosques latifolios húmedos tropicales. pp. 211-253. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 56).

3. CENSO COMERCIAL

Cuadro 1. Datos del censo comercial											
Anotador: _____						Fecha: _____					
Dueño del bosque: _____						Parcela: _____					
Línea No.	Azimet	Árbol (No.)	Ubicación (m) X Y	Pendiente (%) Z	Distancia acumulada (m)	Nombre común	dap (cm)	Hc (m)	G (m ²)	V (m ³)	Obs.

dap: diámetro a la altura del pecho Hc: altura comercial G: Área basal V: volumen
Condición: 1= Aprovechable, 2 = Mala forma, dañado o podrido, 3. = Restricción legal, 4 = Otra

Cuadro 2. Distribución por clase diamétrica del número de árboles, área basal y volumen de las especies a extraer y reservar																	
Nombre común		CLASES DIAMÉTRICAS (cm)												Extr.	Reserv	Total censado	Intensidad corta (%)
		40-49,9		50-59,9		60-69,9		70-79,9		80-89,9		+90					
		E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R				
	N																
	G																
	V																
	N																
	G																
	V																
	N																
	G																
	V																
	N																
	G																
	V																
TOTAL	N																
	G																
	V																

N: número árboles G: área basal V: volumen E: extraer R: reservar

Cuadro 3. Resumen del número de árboles a aprovechar por línea de inventario en cada parcela o bloque			
No. de bloque	No. de línea	No. del árbol	Especie

No. del árbol: se refiere al número que identifica al árbol en el campo.

4. APROVECHAMIENTO

Actividades de pre-aprovechamiento

Actividades de aprovechamiento

a) Corta y troceo:

b) Arrastre y transporte menor:

c) Carga y transporte mayor:

Actividades post-aprovechamiento

a) Aprovechamiento de residuos:

b) Otros:

5. DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA

5.1 Construcción y mantenimiento de caminos y de otras infraestructuras

Cuadro 4. Mantenimiento y/o construcción de caminos y otras infraestructuras

Clase de camino	Área (ha)	*Densidad (%)	Construcción (km)	Mantenimiento (km)	Alcantarillas (No)	Puentes (No)
Primario						
Secundario						
Terciario						
Pacios de acopio						
Otros						
TOTAL						

* Densidad respecto al área a aprovechar. Por ejemplo, si construimos 5 km de caminos en un área a aprovechar de 100 ha, la densidad de caminos es del 5%.

5.2 Descripción del desarrollo de las actividades de construcción y mantenimiento de caminos y otras infraestructuras:

6. MÉTODO DE REGENERACIÓN DEL BOSQUE

6.1 Estado de regeneración del bosque

6.2 Tratamientos silviculturales a aplicar:

6.3 Disposición y destino del material producto de los tratamientos

7. ACTIVIDADES DE PROTECCIÓN

8. OTRAS ACTIVIDADES

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Cuadro 5. Cronograma anual de actividades												
Actividad	MES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

10. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

11. MAPAS

Mapa 1. Ubicación del área de aprovechamiento anual correspondiente

Mapa 2. Mapa base de aprovechamiento

Participantes en el V Intercambio entre Profesores de Facultades Forestales y Escuelas Técnicas de América Central

Nombre	Institución
Pablo Madriz	Proyecto TRANSFOMA, CATIE, Costa Rica
David Quirós	Proyecto TRANSFOMA, CATIE, Costa Rica
Sergio Jiménez	Universidad Nacional Autónoma, Costa Rica
Bastiaan Louman	Proyecto TRANSFOMA, CATIE, Costa Rica
Ovidio Novoa	Universidad de Panamá
Mario Rodríguez	Centro Universitario del Petén, Guatemala
German López	Universidad de la Costa Caribe de Nicaragua
Juan José Membreño	Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
Edwin Taylor	Proyecto TRANSFORMA, CATIE, Nicaragua
Alejandro Meza	Instituto Tecnológico de Costa Rica
Pompilio Rodríguez	Centro Universitario del Atlántico Norte, Honduras
Marvin Castillo	Instituto Tecnológico de Costa Rica
Nelson Doblado	Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Honduras



