

# Elementos conceptuales del aprovechamiento forestal en Colombia

Luis Alfredo Lozano Botache  
Alonso Barrios Trilleras  
Harvey Céspedes Torres





### **Luis Alfredo Lozano Botache**

Ingeniero Forestal. Con experiencia en el aprovechamiento de la selva húmeda tropical en el Pacífico colombiano. Magíster en Ciencias Biológicas. Doctorado (c) en Ciencias Biológicas. Profesor de Ecosistemas de Selva Húmeda Tropical y Ecosistemas de Montaña en la Fundación Universitaria de Popayán. Profesor de Ingeniería del Aprovechamiento Forestal y Procesos Industriales de la Madera en la Universidad del Tolima. Decano de la Facultad de Ingeniería Forestal entre los años 2012 a 2018. Coordinador de proyectos de investigación y extensión de incidencia regional. Coautor de dos libros de investigación sobre los bosques naturales de la selva húmeda tropical y de las zonas de vida del departamento Tolima. Coautor de artículos científicos. Ponente en congresos nacionales e internacionales. Integrante del Grupo de Investigación en Biodiversidad y Dinámica de Ecosistemas Tropicales de la Universidad del Tolima. Par evaluador de artículos y de proyectos de Minciencias. Premio Nacional en el área de Biología Vegetal.





# Elementos conceptuales del aprovechamiento forestal en Colombia

Luis Alfredo Lozano Botache  
Alonso Barrios Trilleras  
Harvey Céspedes Torres



2024

Lozano Botache, Luis Alfredo

Elementos conceptuales del aprovechamiento forestal en Colombia / Luis Alfredo Lozano Botache, Alonso Barrios Trilleras, Harvey Céspedes Torres. -- 1ª. Ed. -- Ibagué : Editorial Universidad del Tolima, Grupo de Investigación Madera y Bosques, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Dinámica de Ecosistemas Tropicales 2024. 172 p. : figuras, tablas

Contenido: Planeación del aprovechamiento forestal maderable -- Planeación del aprovechamiento forestal persistente en bosques naturales tropicales -- Principales ítems para el cálculo de costos del aprovechamiento forestal -- Presentación de caso aprovechamiento forestal en el Eje Cafetero colombiano -- Una técnica matemática en la planificación de la cosecha de plantaciones forestales.

ISBN: 978-958-509-031-6 (Impreso)  
978-958-509-032-3 (PDF)

1. Aprovechamiento forestal 2. Conservación bosques  
3. Recursos forestales 4. Recursos naturales I. *Título*  
II. *Barrios Trilleras, Alonso* III. *Céspedes Torres, Harvey*

**634.98**  
**L925e**

© Universidad del Tolima

© Luis Alfredo Lozano Botache, Alonso Barrios Trilleras, Harvey Céspedes Torres

### **Elementos conceptuales del aprovechamiento forestal en Colombia**

Grupo de Investigación Madera y Bosques y Grupo de Investigación en Biodiversidad y Dinámica de Ecosistemas Tropicales

Sello Editorial Universidad del Tolima

Cra. 5 con Cl. 10 Esquina  
Edificio los Ocobos, piso 4  
editorial@ut.edu.co  
Ibagué-Tolima, Colombia



Primera edición: Ibagué - Tolima, 2024

ISBN 978-958-509-031-6 (Impreso)  
978-958-509-032-3 (PDF)

Coordinación Editorial: Sello Editorial Universidad del Tolima  
Corrección de estilo, diseño y diagramación: Colors Editores S.A.S.  
Carrera 6 No. 11 - 83, Ibagué-Tolima, Colombia

Hecho en Colombia

Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio, sin autorización expresa del titular del derecho de autor.

## Agradecimientos

Los autores presentan agradecimientos a las personas naturales y jurídicas:

*Ingeniero Forestal, Miguel Caracas*  
*Ingeniero Forestal, Ricardo Saavedra*  
*Ingeniero Forestal, Nelson Albarán Castro*  
*Técnico Forestal, Conrado Hernández*  
*Maderas De Oriente S.A.*  
*Grupo Núcleos de Madera*  
*Pro Oriente S.A.S.*  
*Refocosta S.A.S.*  
*Smurfit Kappa*





# Contenido

<b>Capítulo I. Planeación del aprovechamiento forestal maderable</b>	<b>19</b>
1.1. Políticas sobre aprovechamiento forestal maderable	20
1.2. El marco legal	20
1.2.1. Aprovechamiento forestal de bosques naturales	23
1.2.1.1. Permisos y autorizaciones forestales	24
1.2.1.2. Permisos y autorizaciones forestales persistentes	25
1.2.1.3. El aprovechamiento doméstico	26
1.2.1.4. El aprovechamiento por ministerio de la ley	26
1.2.2. Aprovechamiento o cosecha de plantaciones forestales comerciales	28
1.2.3. La declaración de efecto ambiental	30
1.3. La política económica del aprovechamiento forestal	31
1.4. Puntos de vista sobre el aprovechamiento forestal del bosque natural	34

1.4.1. Desde lo normativo	34
1.4.2. Como un tratamiento silvicultural	35
1.5. Planeación del aprovechamiento	36
1.6. Factores y variables que determinan un plan de manejo para el aprovechamiento forestal	40
1.6.1. Actores relacionados con el terreno	44
1.6.2. Factores relacionados con el clima	45
1.6.3. La red hidrográfica	45
1.6.4. Factores sociales	45
<b>Capítulo II. Planeación del aprovechamiento forestal persistente en bosques naturales tropicales</b>	<b>49</b>
2.1. Información general del área de estudio	49
2.2. El inventario forestal	53
2.3. Elaboración del plan de aprovechamiento	56
2.3.1. Información general del área de estudio y del inventario forestal	56
2.3.2. Las canchas, sitios o patios de madera	59
2.3.3. Las vías forestales	60
2.4. Ejemplo de tres sistemas alternativos de aprovechamiento	64
2.4.1. Sistema 1. Aprovechamiento manual para madera corta	65
2.4.2. Sistema aprovechamiento parcialmente mecanizado para madera corta	70

2.4.3. Sistema combinación: longitud / diámetro del tallo y sistema de madera corta	75
.....	
2.5. Planeación del aprovechamiento o cosecha total en plantaciones forestales comerciales	78
.....	
2.6. El plan de aprovechamiento general	79
.....	
2.7. Información complementaria al plan general de aprovechamiento o cosecha de plantaciones	80
.....	
<b>Capítulo III. Principales ítems para el cálculo de costos del aprovechamiento forestal</b>	<b>87</b>
.....	
3.1. Elementos para la planificación del aprovechamiento o cosecha	90
.....	
3.2. Selección de lotes a cosechar	91
.....	
3.3. Trazado de vías	93
.....	
3.4. Sistemas de cosecha	95
.....	
3.5. Sistemas de extracción	96
.....	
3.6. Sistemas de cargue y descargue	101
.....	
3.7. Transporte mayor	104
.....	
3.8. Campamento de operaciones en el bosque	105
.....	
3.9. Costos de administración	107
.....	
<b>Capítulo IV. Presentación de caso aprovechamiento forestal en el Eje Cafetero colombiano</b>	<b>109</b>
.....	
4.1. Introducción	110
.....	
4.2. Sitio	111
.....	

<b>4.3. Extracción y transporte de la madera</b>	<b>115</b>
<b>4.3.1. Interno</b>	<b>116</b>
<b>4.3.2. Externo</b>	<b>116</b>
<b>4.4. Vías y vehículos de transporte</b>	<b>120</b>
<b>4.5. Planeación de la cosecha</b>	<b>124</b>
<b>4.5.1. El bosque</b>	<b>124</b>
<b>4.5.2. Presupuestos</b>	<b>124</b>
<b>4.5.2.1. Factor Salarial (F.S.) por labor</b>	<b>125</b>
<b>4.5.2.2. Tipo de bosque</b>	<b>127</b>
<b>4.5.2.3. Producción o rendimiento esperado según sea la capacidad instalada, el tiempo, el tipo de bosque y los inventarios</b>	<b>128</b>
<b>4.5.2.4. Consolidación de costos de servicio por unidad y por sistemas de cosecha</b>	<b>132</b>
<b>4.5.2.5. Cronograma</b>	<b>133</b>
<b>4.5.2.6. A.U.I. Administración, Utilidad e Imprevistos</b>	<b>133</b>
<b>4.5.2.7. Consolidar tabla final</b>	<b>133</b>
<b>4.6. Talento humano</b>	<b>134</b>
<b>4.7. Garantía de buenas prácticas</b>	<b>135</b>
<b>4.8. Cosecha</b>	<b>136</b>
<b>4.8.1. Generalidades</b>	<b>136</b>
<b>4.8.2. Algunas unidades de uso común en el aprovechamiento forestal</b>	<b>137</b>

4.8.3. Algunos sistemas de cosecha utilizados	138
4.8.4. Labor y rol del trabajador en la operación de cosecha	141
4.8.5. Otros datos prácticos de la cosecha	145
<b>Capítulo V. Una técnica matemática en la planificación de la cosecha de plantaciones forestales</b>	<b>151</b>
5.1. Planificación forestal	152
5.1.1. Planificación estratégica	152
5.1.2. Planificación táctica	153
5.1.3. Planificación operacional	154
5.2. Selección de sistemas y equipo de cosecha	154
5.3. Empleo de programación matemática en la planificación forestal	158
5.3.1. La programación lineal en la planificación forestal	158
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>165</b>

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Objetivos esenciales en un caso de aprovechamiento forestal	33
<b>Tabla 2.</b> Características geométricas generales de los caminos forestales	61
<b>Tabla 3.</b> Descripción de las operaciones generales en un aprovechamiento manual para madera corta	66
<b>Tabla 4.</b> Organización del trabajo en un aprovechamiento manual para madera corta	67
<b>Tabla 5.</b> Operaciones generales en el sistema de aprovechamiento parcialmente mecanizado para madera corta	70
<b>Tabla 6.</b> Organización del trabajo en el sistema de aprovechamiento parcialmente mecanizado para madera corta	71
<b>Tabla 7.</b> Operaciones generales en el sistema de combinación: longitud / diámetro del tallo y sistema de madera corta	75
<b>Tabla 8.</b> Organización del trabajo en el sistema de combinación: longitud / diámetro del tallo y sistema de madera corta	76
<b>Tabla 9.</b> Costos generales por elaboración de cada cartografía temática, a partir de sensores remotos	90
<b>Tabla 10.</b> Costos de cálculo de existencias de madera en pie	91

<b>Tabla 11.</b> Costos de la decisión de cortar un lote o rodal, de acuerdo con criterios de riesgo, existencia de madera y sistema de cosecha	92
<b>Tabla 12.</b> Costos mínimos y máximos en trazado de caminos forestales, según condiciones de topografía y sistemas de operaciones	94
<b>Tabla 13.</b> Costos mínimos y máximos para sistema de cosecha de acuerdo con criterios de operación	96
<b>Tabla 14.</b> Costos mínimos y máximos de extracción de acuerdo con sistemas de extracción	98
<b>Tabla 15.</b> Costos mínimos y máximos de extracción de acuerdo con sistemas de extracción con cables aéreos	99
<b>Tabla 16.</b> Costos mínimos y máximos de extracción de acuerdo con sistemas de extracción con tobogán	100
<b>Tabla 17.</b> Costos mínimos y máximos de cargue manual a esfuerzo humano; con cargas que no deben superar los 80 Kilogramos	102
<b>Tabla 18.</b> Costos mínimos y máximos de cargue con tractor forestal	103
<b>Tabla 19.</b> Costos mínimos y máximos de transporte mayor con camiones C2 y C3	104
<b>Tabla 20.</b> Costos mínimos y máximos de instalación de campamento para el trabajo	106
<b>Tabla 21.</b> De acuerdo con las condiciones de pendiente del sitio, se muestran detalles de los sistemas y los rendimientos esperados en la zona cafetera de Colombia. Dato producción (Ton/mes) por sistema, según condiciones de sitio	115
<b>Tabla 22.</b> Factor salarial asignado a labores cosecha	126
<b>Tabla 23.</b> Clasificación de cuatro tipos de bosque para volumen predictivo/ha en la empresa Asfores S.A.S	127
<b>Tabla 24.</b> Ejemplo comparativo rendimiento por capacidad instalada dos sitios. Tipo de bosque II y Tipo de bosque I	129

<b>Tabla 25.</b> Presupuesto base para pequeños aprovechamientos forestales, en pesos colombianos (COP, año 2023)	134
<b>Tabla 26.</b> Algunos de los sistemas de cosecha forestal utilizados en la zona cafetera	139
<b>Tabla 27.</b> Información general sobre la organización de las actividades en una cosecha forestal, propuesta para la Zona Cafetera de Colombia	145
<b>Tabla 28.</b> Clasificación por pendiente del terreno y posibilidad de uso de sistemas de cosecha	157
<b>Tabla 29.</b> Información disponible de rendimiento y costos para dos equipos de arrastre de madera	160



## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Recorte de mapa con propuesta de aprovechamiento. (El proyecto presenta imposibilidad de construir una vía interna por tamaño de predio, pendiente y afectación por ocupación del desarrollo. Se observa una vía pública que puede ser utilizada con restricción)	<b>121</b>
<b>Figura 2.</b> Elementos del transporte en el aprovechamiento forestal	<b>122</b>
<b>Figura 3.</b> Labores de la cosecha en el bosque y sus principales tareas de desarrollo que se entrelazan como cadena de suministros	<b>144</b>
<b>Figura 4.</b> Solución del problema de programación lineal mediante el programa Lingo	<b>162</b>



## Introducción

La legislación colombiana establece que el aprovechamiento forestal, junto al de la flora silvestre, es una estrategia de conservación. Esto es un reconocimiento al crucial rol que han desempeñado los bosques en la producción continua de bienes y servicios y a la oportuna necesidad de gestión del manejo sostenible de los recursos forestales.

Un elemento de la gestión de los bosques ha sido el desarrollo de técnicas y tecnologías asociadas a la corta, el transporte menor, el transporte mayor, la seguridad industrial y la evaluación de los impactos que se generan asociados a la escala del proyecto.

En Colombia, la cosecha forestal de las plantaciones forestales comerciales presenta connotaciones diferentes con las del aprovechamiento del bosque natural. En las plantaciones forestales comerciales se pueden referenciar importantes avances en la formalidad, legalidad y certificación, mientras que en el bosque natural se mantienen situaciones de difícil control, que han desembocado en problemas significativos como la deforestación, la cual es ajena a toda práctica de manejo forestal sostenible.

En este contexto del aprovechamiento forestal, y con el propósito de contribuir a la discusión y a un manejo adecuado de los bosques, con la premisa de la particularidad de cada caso, según el sitio y escala del proyecto, los autores de este libro se basan en lecciones aprendidas,

entregando elementos y criterios, de donde es necesario resaltar la necesidad de mayores compromisos profesionales, institucionales, y de política pública nacional y local.

El libro será una guía práctica para comparar y analizar los métodos de obtención de recursos forestales de madera en Colombia, procurando mantener la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas forestales, bajo un enfoque de manejo forestal sostenible que garantice el beneficio, tanto para la sociedad como para el medioambiente.

## Capítulo I

# Planeación del aprovechamiento forestal maderable

**Luis Alfredo Lozano Botache  
Alonso Barrios Trilleras**

### Fotografía 1



Luis Alfredo Lozano B. (1995).

*Obra: Bosque inundado, o guandal, alrededor de la quebrada El Pato, afluente del río Patía. Municipio Roberto Payán – Nariño.*

## **Fotografía 2**



*Luis Alfredo Lozano B. (1995).*

*Obra: Bosque manglar. Parque Nacional Natural Sanquianga.*

### **1.1. Políticas sobre aprovechamiento forestal maderable**

En Colombia, la actividad del aprovechamiento forestal se contextualiza entre dos grandes situaciones: una, los bosques naturales y dos, las plantaciones forestales comerciales. Para el bosque natural es el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, quien traza su política y se rige por el Decreto 1791 (1996), luego, inmerso en el Decreto 1076 (2015).

Para las plantaciones forestales es el Decreto 1532 (2019), que modifica parte del Decreto 1071 (2015). En ambos casos, se debe tener en cuenta que la política forestal se enmarca en las técnicas silviculturales de uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables y en su aporte a la economía del país.

### **1.2. El marco legal**

El aprovechamiento y la cosecha forestal son actividades de la silvicultura que involucran bosques, que son considerados como estratégicos para el desarrollo de Colombia, según se lee en el Decreto

1791 (1996, art. 3), por lo que su uso está regulado por normas de aplicación, seguimiento, control, sanción y restauración a cargo de la responsabilidad de las personas naturales, jurídicas y de las autoridades ambientales establecidas en el Sistema Nacional Ambiental (SINA), organizado mediante la Ley 99 (1993).

En Colombia, la Legislación Forestal es amplia, hasta podría decirse que tiene un origen paralelo al de la República (Tobasura-Acuña, 2011), con medidas que procuraban la compensación por la tala de árboles del bosque natural. En la actualidad, es algo difusa con intentos de consolidación que muchas veces han llegado con vicios que terminan en inexequibilidad.

En estos comienzos del siglo XXI, la legislación forestal es dinámica y procura guiar y controlar el uso de los bosques en tiempos de válida discusión por la conservación de los ecosistemas y los evidentes peligros atribuidos al cambio climático. La administración técnica y económica de los bosques considera el siguiente listado de normas:

- Ley 2 (1959). Por medio de la cual se establecen reservas forestales.
- Decreto Ley 2811 (1974). Código de los recursos naturales.
- Decreto 877 (1976). Sobre áreas protegidas, reglamentario del Decreto Ley 2811 (1974).
- Decreto 1449 (1977). Sobre áreas protegidas, reglamentario del Decreto Ley 2811 (1974).
- Decreto 900 (1997). Certificado incentivo forestal de conservación del bosque natural.
- Ley 21 (1991). Por medio del cual se adopta el convenio de comunidades indígenas ancestrales.
- Ley 70 (1993). Ley de las comunidades afrodescendientes.
- Ley 99 (1993). Crea el Ministerio del Medio Ambiente y organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).
- Decreto 1791 (1996). Régimen de aprovechamiento forestal.

- Ley 139 (1994). Del certificado de incentivo forestal.
- Decreto 1824 (2020). Reglamenta parcialmente la Ley 139 (1994).
- Resolución 241 (2007). Define funciones para el otorgamiento del certificado de incentivo forestal.
- Ley 1333 (2009). Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 2041 (2014). Por el cual se reglamenta la Ley 99 (1993) sobre licencias ambientales.
- Decreto 1076 (2015). Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible.
- Decreto 1532 (2019). En relaciones con las plantaciones comerciales.

Otras referencias de norma:

El Plan Nacional de Desarrollo Forestal (PNDF), adoptado en diciembre del 2000, se concibe como la política de largo plazo para el desarrollo sectorial, de tal forma que, contribuya al desarrollo nacional, aprovechar sus ventajas comparativas y promover la competitividad de bienes y servicios forestales en el mercado nacional e internacional (Ministerio del Medio Ambiente et al., 2000).

La Política Nacional para el Control de la Deforestación y la Gestión Sostenible de los Bosques (CONPES 4021 de diciembre de 2020). Tendría un seguimiento, ejecución física y presupuestal para el cumplimiento de sus objetivos a través del Plan de Acción y Seguimiento (PAS), durante el periodo 2020 – 2030 (Departamento Nacional de Planeación [DNP] & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

De acuerdo con la Ley 99 (1993), es el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), quien traza la política ambiental, y son tanto las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), así como las de Desarrollo Sostenible, como autoridades ambientales, quienes las ejecutan y controlan. La vigilancia está apoyada en las alcaldías, los órganos de control



del Estado (Fiscalía, Procuraduría, Contraloría, Defensoría del Pueblo, Personerías Municipales), la fuerza pública y la sociedad civil, a partir de los derechos colectivos y particulares establecidos en la Constitución Política de Colombia de 1991. Los reclamos se pueden ejercer por solicitudes personales o por intermedio de abogados apoderados, o de organizaciones establecidas con fundamento en las leyes colombianas.

Otras normas afines al sector forestal, con especial atención en los aprovechamientos forestales, son los Planes de Ordenamiento Territorial, el manejo de cuencas hidrográficas, el código minero, los proyectos de conducción eléctrica, la reforma agraria, el manejo del recurso hídrico, la adaptación al cambio climático.

### **1.2.1. Aprovechamiento forestal de bosques naturales**

El Decreto 1791 (1996, art. 3, literal b) establece y le reconoce a los bosques que, “por su carácter de recurso estratégico, su utilización y manejo debe enmarcarse dentro de los principios de sostenibilidad consagrados por la Constitución Política como base del desarrollo nacional”. Esto implica que las actividades del aprovechamiento forestal deben actuarse dentro del conocimiento científico, los modelos y los conceptos técnicos de la silvicultura, dando soporte a lo mencionado en el mismo artículo:

El aprovechamiento sostenible de la flora silvestre y de los bosques es una estrategia de conservación y manejo del recurso. Por lo tanto, el Estado debe crear un ambiente propicio para las inversiones en materia ambiental y para el desarrollo del sector forestal (Decreto 1791 de 1996, art. 3, literal d).

La industria que puede operar entorno al recurso forestal en Colombia, se enmarca bajo el principio de que las acciones para el desarrollo sostenible de los bosques son una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad y el sector privado, quienes propenderán para que se optimicen los beneficios de los servicios ambientales, sociales y económicos de los bosques ...atendiendo las particularidades ambientales, sociales, culturales y económicas de las diferentes regiones de Colombia (Decreto 1791 de 1996, art. 3, literales c y g).

El mismo decreto, en los capítulos II, III y XI, define las clases de aprovechamiento forestal y se establece el tipo de estudio técnico que involucra su otorgamiento. Aquí, es importante entender que la primera clasificación de norma corresponde al tipo de propiedad de la tierra, es decir, si el aprovechamiento se realizará sobre terrenos de propiedad privada o sobre terrenos de propiedad pública o baldíos. De acuerdo con esta propiedad se otorgarán autorizaciones, permisos, o concesiones.

El aprovechamiento forestal se podrá realizar en diferentes escalas de intervención y, salvo el denominado *único*, no pretende la eliminación o tala rasa de los bosques, sino su manejo y persistencia, de acuerdo a los lineamientos de ordenación forestal regional.

En plantaciones forestales comerciales, el concepto de intervención es diferente y de allí su denominación de cosecha forestal total, o tala rasa, siguiendo modelos de manejo silvicultural persistentes por áreas o rodales, muchas veces involucrados en conformación de núcleos forestales regionales.

Retornando a las clases de aprovechamiento, se tienen: los únicos, los persistentes, los domésticos y aquellos por derecho de ley. Los productos de los dos primeros pueden ser de transacción comercial.

**1.2.1.1. Permisos y autorizaciones forestales únicos.** Son aquellos que se efectúan por una sola vez y con el propósito de un cambio en el uso del suelo; esto es, se corta, a tala rasa, la cobertura forestal, previo estudio técnico que demuestre este mejor uso. Es aplicable a bosque natural en terrenos de dominio público o privado, ubicados en zonas de área forestal productora, o protectora-productora alinderada por la respectiva Corporación Regional, en su Plan de Ordenación Forestal.

Se requiere de un plan de aprovechamiento forestal que describa los sistemas, métodos y equipos a utilizar en la corta y la extracción de los productos del bosque, así como la destinación de los productos forestales -que pueden ser para el comercio de maderas-, y las medidas de compensación por el cambio de uso del terreno. Se presenta en casos como la construcción de infraestructura de vías férreas y carretables, transporte de hidrocarburos, torres y líneas de transmisión eléctrica, puntos para torres de interconexión celular, puestos de control militar,

urbanizaciones, entre otros, siendo muy restringido al cambio de uso para la agricultura y la ganadería, porque las normas establecen por sobre todo la permanencia de los bosques protectores naturales, como se establece en el Decreto 1449 (1977) y el artículo 7 del Decreto 877 (1976).

Para el otorgamiento, se requiere de un plan de aprovechamiento forestal, que consiste en la formulación y descripción de los sistemas de aprovechamiento y de las labores silviculturales de compensación a aplicar con el propósito de asegurar su continuidad en otra localidad.

**1.2.1.2. Permisos y autorizaciones forestales persistentes.** Son los que se realizan con criterios de sostenibilidad e involucran la obligatoriedad de conservar el desarrollo y producción sostenida del bosque, mediante el empleo de técnicas silvícolas que garanticen la perpetuación del mismo. Es aplicable a bosque natural en terrenos de dominio público o privado, ubicados en zonas de áreas forestal productora, o protectora-productora alinderada por la respectiva Corporación Regional, en su Plan de Ordenación Forestal. En su condición de persistente, no se permite la tala rasa y se fundamenta en el conocimiento científico y en la aplicación de los modelos de manejo que incluyen múltiples criterios para la toma de decisión. Entre estos: número de especies, número de individuos, volúmenes comerciales, tasa de crecimiento, regeneración natural, distribución natural, fragmentación del ecosistema y, en general, a los lineamientos del Plan de Ordenación Forestal de la jurisdicción.

Para el otorgamiento, se requiere un plan de manejo forestal, que consiste en la formulación y descripción de los sistemas de aprovechamiento y de las labores silviculturales a aplicar en el bosque, con el propósito de asegurar su sostenibilidad. El plan, de acuerdo con el Decreto 1791 (1996), debe contener, para áreas iguales o superiores a 20 hectáreas, un inventario estadístico para todas las especies a partir de 10 centímetros de diámetro a la altura del pecho (DAP), con una intensidad de muestreo que garantice un error estadístico no superior al 15%, con una probabilidad mayor del 95%.

Tanto para aprovechamientos menores como mayores a 20 hectáreas, el peticionario debe presentar, juntamente con los otros requisitos exigidos, el censo, o inventario al 100% de las especies que se

van a aprovechar en el área solicitada; solo que para los segundos será sobre la primera unidad de corta anual y así sucesivamente para cada unidad hasta la culminación del aprovechamiento.

El peticionario del permiso o de la autorización debe acreditar su capacidad para garantizar el manejo silvicultural, la investigación y la eficiencia, tanto en el aprovechamiento como en la transformación del recurso.

En todo caso, deben primar los lineamientos del Plan de Ordenación Forestal expedidos por la autoridad ambiental de la jurisdicción donde se ubique el área a intervenir (Decreto 1076 de 2015, art. 2.2.1.1.1.1.).

**1.2.1.3. El aprovechamiento doméstico.** Son los que se realizan con criterios de sostenibilidad e involucra la obligatoriedad de conservar producción sostenida del bosque. El volumen del aprovechamiento forestal doméstico no podrá exceder de veinte metros cúbicos (20 m<sup>3</sup>) anuales y los productos que se obtengan no podrán comercializarse.

Este aprovechamiento en ningún caso puede amparar la tala o corte de bosques naturales, con el fin de vincular en forma progresiva áreas forestales a otros usos. Es aplicable a bosque natural en terrenos de dominio público o privado.

**1.2.1.4. El aprovechamiento por ministerio de la ley.** De conformidad con lo dispuesto en el artículo 19 de la Ley 70 (1993), la utilización de los recursos naturales renovables para construcción o reparación de viviendas, cercados, canoas u otros elementos domésticos para uso de los integrantes de las comunidades negras de que trata dicha ley, se consideran usos por ministerio de la ley, por lo que no requieren permiso ni autorización; dichos recursos, así como el resultado de la transformación, no se podrán comercializar (Decreto 1791 de 1996, art. 22).

### Fotografía 3



Luis Alfredo Lozano B. (1978).

Obra: Labrado en madera "pialde". Vereda Sequihondita, a orillas del río Iscuandé - Nariño.

### Fotografía 4



Luis Alfredo Lozano B. (1975).

Obra: Aprovechamiento forestal doméstico. Entre madera rolliza y motoaserrada.

### **1.2.2. Aprovechamiento o cosecha de plantaciones forestales comerciales**

Según el Decreto 1532 (2019), se tienen tres clases de plantaciones forestales: protectoras; productoras – protectoras y las productoras o de objetivo puramente comercial.

Las protectoras son las que se establecen en áreas forestales protectoras para proteger o recuperar algún recurso natural renovable. En ellas se puede adelantar aprovechamiento de productos forestales no maderables y desarrollar actividades de manejo silvicultural, asegurando la persistencia del recurso. El registro, aprovechamiento, y demás actuaciones relacionadas con las plantaciones forestales protectoras, en cualquiera de sus modalidades, será competencia de las autoridades ambientales regionales.

En plantaciones productoras – protectoras, por tener esta doble finalidad, solo se permite el aprovechamiento directo o indirecto de la plantación, condicionado al mantenimiento de su efecto de protección del recurso a perpetuidad. Las plantaciones forestales protectoras – productoras en cualquiera de sus modalidades serán competencia de las autoridades ambientales regionales.

Según el Decreto 1532 (2019), para aprovechar las plantaciones forestales protectoras-productoras y protectoras, no se requerirá de permiso o autorización. El interesado en ejecutar la cosecha de la plantación deberá presentar un informe técnico, dos meses antes de iniciar las actividades de cosecha, donde se indique a la autoridad ambiental regional competente el sistema o métodos de aprovechamiento a aplicar, la extensión del área a intervenir en hectáreas de la plantación protectora o protectora productora, las especies a aprovechar, volumen o cantidad de los productos a obtener, teniendo en cuenta que el aprovechamiento de las cercas vivas y barreras rompevientos, no requerirá de ningún permiso u autorización. Los productos forestales maderables y no maderables obtenidos del aprovechamiento de plantaciones forestales, barreras rompevientos o cercas vivas, así como de árboles de sombrío, árboles frutales y árboles aislados, podrán comercializarse.

Las plantaciones forestales productoras de carácter industrial o comercial, se asimilan a los cultivos forestales con fines comerciales, por lo que no requieren permiso o autorización. Su registro y demás actuaciones relacionadas serán competencia del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en cabeza de quien el ministerio delegue. Para obtener el Certificado de Movilización de Productos de la Plantación no se requiere de planes de manejo forestal o planes de aprovechamiento, como en los casos de los bosques naturales, sino de suministrar a la entidad delegada, además de la información pertinente sobre la calidad jurídica del área y la tenencia de la tierra, la relativa al área a aprovechar, el volumen y las especies a intervenir, así como una descripción de los sistemas de aprovechamiento a emplear. En todo caso, se obedece al Plan de Establecimiento y Manejo Forestal (PEMF) (Decreto 1076 de 2015, art. 2.2.1.1.1.1.), de la plantación, incluyendo las previsiones relativas a la protección de los demás recursos naturales renovables y del ambiente.

### **Fotografía 5**



Luis Alfredo Lozano B. (2015).

Obra: *Implementación del “Modelo normal de producción comercial forestal” por rodales.*

## Fotografía 6



Luis Alfredo Lozano B. (2022).

Obra: Aprovechamiento de rodal plantado en zona de ladera.

### 1.2.3. La declaración de efecto ambiental

Tanto los planes de aprovechamiento forestal, como los planes de manejo forestal para áreas iguales o mayores de 20 hectáreas, deben incluir un capítulo sobre consideraciones ambientales (Decreto 1076 de 2015, art. 2.2.1.1.7.3.), en el cual se deben detallar las acciones que deben ejecutarse para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos e impactos negativos causados en el desarrollo del aprovechamiento forestal.

La metodología no es específica y debe corresponder con la escala del proyecto (lista de chequeo, matrices, redes, causa y efecto, entre otras). En todo caso, debe primar el manejo persistente del recurso, bajo el principio de que el aprovechamiento sostenible de la flora silvestre y de los bosques es una estrategia de conservación y manejo del recurso (Decreto 1076 de 2015, art. 2.2.1.1.2.2., literal d).



## Fotografía 7



Luis Alfredo Lozano B. (1995).

Obra: *Aserrios a orillas del río Satinga*. Municipio Olaya Herrera - Nariño.

### 1.3. La política económica del aprovechamiento forestal

Se han generalizado dos términos clave que describen las operaciones empresariales:

- La responsabilidad social.
- Eficiencia.

En el caso del aprovechamiento forestal, la responsabilidad social se fundamenta en la disposición para identificar y aceptar los principales objetivos y restricciones de una industria sustentada en el largo plazo.

La identificación de grupos de interés se suma a compromisos y a objetivos estratégicos de desarrollo económico y social. En este sentido, la responsabilidad de la empresa atiende a los inversionistas, los empleados y sus familias, los contratistas, los clientes, el Estado, la sociedad, la comunidad y el ambiente. Es por esto, que se visualiza una dinámica red de ir y de venir, donde la empresa es parte integrante del desarrollo regional y en escala, del desarrollo nacional. La familia de las normas ISO

26000 brinda directrices sobre los principios, materias fundamentales y asuntos relacionados con la responsabilidad social y sobre cómo pueden ponerlos en práctica las organizaciones.

Eficiencia significa que las operaciones deben desarrollarse de manera que todos los recursos involucrados: talento humano, técnicas, maquinaria y equipos, recursos forestales, energía, deben interactuar para procurar el máximo rendimiento y beneficio, con bajo costo y la mínima generación de daños y efectos indeseables. Para lograrlo, la eficiencia requiere de inversión en tecnología y en capacitación del talento humano, en la mayor escala que sea posible.

En la ordenación de bosques, un elemento fundamental para evaluar el logro de la eficiencia empresarial, es la productividad de la masa o del vuelo forestal, tasada como crecimiento por unidad de tiempo y como volumen de madera por unidad de área. Sin embargo, factores externos de la oferta y la demanda comercial, propios del libre comercio, ponen un alto grado de limitación a los ingresos que se destinarán a las diferentes líneas de inversión empresarial.

Según el Departamento Nacional de Planeación [DNP] (2018), el bosque natural cubre 52% de la superficie de Colombia. Se encuentra distribuido principalmente en las regiones de Amazonía y Pacífico, y el 63% hace parte de los territorios de comunidades étnicas; que de acuerdo a los registros del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), para 2018 se tenían 74 Planes de Ordenación Forestal (POF) formulados, de los cuales 19 estaban aprobados. Por otro lado, la mayoría de este recurso presenta dificultades de acceso, en condiciones de legalidad y sostenibilidad, por falta de información sobre su estado, falta de infraestructura vial y complejidad en los procesos administrativos.

En el mismo informe, se lee que el aprovechamiento del bosque natural en Colombia presenta muy baja tecnificación, altos niveles de informalidad y de ilegalidad; el número de especies forestales comercializadas es mayor a 200, incluso algunos registros oficiales reportan más de 500 especies aprovechadas, aunque cerca del 70% del total de volumen comercializado se centra tan solo en 20 de estas especies.

En Colombia, la productividad de los bosques puede tener significativos crecimientos biológicos. Sin embargo, los registros oficiales muestran que los rendimientos en los aprovechamientos tradicionales son generalmente bajos, llegando a la aceptación empírica y generalizada del 50% de relación entre lo cortado y lo realmente beneficiado, por lo que existe la esperanza de poder alcanzar un nivel aceptable de eficiencia, en la línea de actualizar la tecnología y, así, reducir los costos de algunas operaciones y alcanzar significativos incrementos en la productividad.

Un ejemplo que relaciona algunos de los objetivos que procuren la eficiencia de los aprovechamientos forestales, se toma de Duran-Rosero (1998), quien cita a su vez un modelo de 1986 del Instituto Sueco para el Desarrollo del Aprovechamiento Forestal (**Tabla 1**).

**Tabla 1**

*Objetivos esenciales en un caso de aprovechamiento forestal.*

<b>Principales metas políticas</b>	<b>Reglas y criterios de la operación</b>
Alto valor comercial de la madera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto volumen de uso, minimizando pérdidas en el apeo y conversión de la madera.</li> <li>• Mínimos daños mecánicos.</li> <li>• Adecuada marcación de las piezas de madera.</li> <li>• Mínimas pérdidas en volumen y calidad por insectos y enfermedades.</li> </ul>
Bajo costo de operación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta productividad en bajos niveles del sistema.</li> <li>• Alto uso de maquinaria y equipos.</li> </ul>
Alto rendimiento sostenido del bosque	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación, seguimiento y control silvicultural.</li> <li>• Mínimo daño a la regeneración y árboles residuales.</li> <li>• Mínimo daño del suelo por compactación y paso de vehículos.</li> </ul>
Altos niveles de ergonomía y seguridad en el trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de vestido y equipos de seguridad apropiados. Diseño de equipos y métodos de trabajo adecuados y seguros.</li> <li>• Bajo índice de accidentalidad.</li> </ul>
Mejoramiento del nivel socioeconómico del talento humano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salarios apropiados.</li> <li>• Capacitación integral.</li> <li>• Higiene y niveles nutricionales adecuados.</li> <li>• Lúdica y esparcimiento.</li> <li>• Manejo del ocio.</li> </ul>

**Fuente.** Duran-Rosero (1998) ajustado de Skogsarbeten (1986).

El rendimiento del bosque se fundamenta en la aplicación de técnicas silviculturales, apoyadas en la selección de árboles plus, en manejo de la regeneración natural y la conservación de los suelos.

En el aprovechamiento forestal, se recomienda que la ergonomía se fundamente en cinco reglas para el trabajo: mantener una ropa apropiada; adoptar una buena postura; optimizar la superficie de trabajo; mantener una apropiada alimentación e hidratación; mantener una capacitación de la tecnología en el trabajo. La serie ISO 11228 (11228-1, 11228-2 y 11228-3), tratan sobre los criterios y factores de riesgo ergonómicos y de valoración de la actividad física en el trabajo.

#### **1.4. Puntos de vista sobre el aprovechamiento forestal del bosque natural**

Duran-Rosero (1998) define el aprovechamiento forestal desde dos puntos de vista: uno, desde lo normativo; y, otro, desde la técnica silvicultural.

##### **1.4.1. Desde lo normativo**

Corresponde a lo establecido en el Decreto 1075 de 2015, por medio del cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expide el Decreto Único del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Sin llegar a ser un código, este decreto recopila las normas ambientales, entre ellas las correspondientes a los aprovechamientos forestales como los Decretos 877 (1976); 1449 (1977); 900 (1997); 1791 (1996); 2041 (2014), con posteriores modificaciones como el Decreto 1532 (2019).

Según la norma, el aprovechamiento forestal del bosque natural es la extracción de productos de un bosque y corresponde a dos eslabones de la cadena productiva forestal: el de la obtención y el de la transformación, quedando excluido el eslabón de la comercialización. En general, la norma establece definiciones, principios, criterios, delimitaciones y lineamientos; procedimientos técnicos, administrativos y de selección; tasas, seguimiento, control, culminación o cierre de actividades, sanciones y compensaciones.

Lo interesante de resaltar es que la norma se fundamenta en el manejo sostenible de un recurso renovable, con fundamento en un modelo

silvicultural de rendimiento normal, mediante la aplicación de técnicas silvícolas que permiten la renovación y persistencia del recurso. Bajo esta condición, el bosque no desaparece y entonces la norma establece como principio que el aprovechamiento sostenible de la flora silvestre y de los bosques es una estrategia de conservación y manejo del recurso.

Adicionalmente, en el territorio colombiano es evidente la ausencia de la gobernanza forestal del bosque natural, que implica el desconocimiento de otros actores que con responsabilidad directa o indirecta usufructúan los bosques, conllevando a los altos y críticos índices de la deforestación y al comercio de madera que desconoce las técnicas de la silvicultura, y que se suma a la poca responsabilidad social empresarial, con significativo descuido en la ergonomía del trabajo forestal.

#### **1.4.2. Como un tratamiento silvicultural**

Independiente de los demás bienes y servicios que se derivan de un bosque, el aprovechamiento forestal maderero se considera como el conjunto de operaciones mediante las cuales se obtienen productos transables en el comercio legal, que aporta al producto interno de la Nación, ya sea de un bosque natural o de una plantación.

Este conjunto de operaciones del aprovechamiento (apeo, troceado, transporte menor, transporte mayor) es uno más a los que se realizan en las plantaciones forestales como son la siembra de arbolitos, la fertilización y el manejo fitosanitario, las podas y las entresacas. Por lo general, estas actividades no son consideradas como generadoras de un beneficio económico, sino como actividades de inversión.

Desde este punto de vista del aprovechamiento, se presentan dos situaciones: la realizada en el bosque natural y la cosechada en la plantación comercial.

En el bosque natural no ordenado, el aprovechamiento será la etapa inicial del Plan de Manejo Forestal. Mediante criterios de persistencia y de modelo normal, se corta la masa madura y, con los tratamientos silvícolas esbozados en el plan, se busca su ordenamiento y la perpetuación del recurso.

Ya en el bosque natural manejado y en la plantación forestal comercial, el aprovechamiento corresponde a la última fase del Plan de Manejo Forestal, donde se remueve la masa madura remanente, siendo en consecuencia la cosecha final del bosque.

De acuerdo con Duran-Rosero (1998), una definición de aprovechamiento desde el punto de vista silvicultural y económico, en concordancia con lo anterior podría ser: conjunto de operaciones silviculturales e ingenieriles que deben realizarse tanto dentro como fuera del bosque, para abastecer de madera u otros productos a las industrias derivadas, y que abarca desde la selección de los árboles hasta el transporte de los productos a los centros de transformación y consumo, sin descuidar la consulta y la participación de actores privados y oficiales que garanticen una gobernanza forestal.

### **Fotografía 8**



Luis Alfredo Lozano B. (2020).

Obra: *Expresión del potencial forestal comercial en Colombia.*

## **1.5. Planeación del aprovechamiento**

En Colombia, la preparación profesional de los ingenieros forestales los presenta como los idóneos para adelantar esta actividad, apoyados en la multidisciplinariedad de su formación que les permite interactuar con los

profesionales de la topografía, la ingeniería civil, los edafólogos, biólogos, ciencias sociales, economistas, abogados y especialistas en la seguridad industrial. Sus conocimientos en dendrología, dasometría, inventario forestal, silvicultura, cartografía y sensores remotos, economía forestal, recurso hídrico, carreteras forestales, evaluación de impactos ambientales, ingeniería del aprovechamiento y procesos industriales de la madera, les permite soportar la idoneidad en este campo.

La exposición de este contexto de conocimientos se relaciona, porque en la planeación de un aprovechamiento, en bosque natural, se tienen en cuenta aspectos como:

- El marco legal del aprovechamiento forestal en Colombia.
- El plan de ordenación forestal y los lineamientos establecidos para la zona de trabajo por la autoridad ambiental regente.
- Las condiciones ambientales del sitio: clima, edafología, topografía, red hídrica, vías, etc.
- Superficie del sitio a intervenir, condiciones topográficas, hidrológicas y de coberturas.
- Caracterización ecológica del sitio. Composición florística, estructura del bosque.
- Caracterización social del área de incidencia del proyecto. Vocación económica de sus habitantes, salario promedio en la región. Comunicación del proyecto.
- Inventario forestal, según los lineamientos de la norma.
- Cálculos de posibilidad de corta, a partir de criterios de regeneración del bosque.
- Propuesta de actividades de apeo, troceado, transporte menor y transporte mayor.
- Diseño de mecanismos de extracción. Cables, arriería, tractores, camiones.

- Diagnóstico del impacto ambiental y medidas de mitigación y compensación.
- Medidas silviculturales de manejo de la masa residual.
- Ergonomía forestal, salud en el trabajo.
- Inversiones, seguros y costos de todas las actividades, incluyendo publicaciones de los actos administrativos y las supervisiones técnicas de la autoridad ambiental.

Es importante observar que el buen desarrollo de estas actividades no difiere a lo establecido en los principios de la certificación voluntaria de procesos, como en el caso de las normas ISO, o de actividad empresarial, como en el caso de la FSC.

El desarrollo de este proceso de planeación es metódico y terminará en un plan de manejo que, salvo algunos ítems de presupuesto financiero, debe ser presentado ante la autoridad competente, quien emitirá un concepto técnico de lo allí planteado.

El esquema conceptual arriba presentado desvirtúa el planteamiento de que estos planes se soportan casi exclusivamente en un inventario del recurso maderable a extraer, y de que generalmente se orienta es a informar a la autoridad ambiental sobre dónde se ejecutará; qué equipos y sistemas se empleará y cuál será la magnitud de la operación en términos de áreas, especies, y volúmenes a aprovechar. Por el contrario, el esquema presenta son las responsabilidades que deben ser asumidas desde el conocimiento de todas las partes y sujetos involucrados. De aquí que, son las autoridades ambientales las llamadas a establecer los términos de referencia, los lineamientos y las guías metodológicas para este proceso. De otra parte, son las empresas, los inversionistas, los que deben tener claridad de cuánto es el costo de conseguir un buen desarrollo de este proceso.

La planeación integral del aprovechamiento permite la interacción con especialistas de diferentes disciplinas. Según la escala de operaciones, algunas empresas madereras han venido involucrado, tanto en la planeación como en la ejecución del proyecto, a un ingeniero civil especialista en vías



forestales, experto en silvicultura, manejo de suelos, administradores de empresas, trabajadores sociales, expertos en seguridad industrial, quienes en forma coordinada acometen los aspectos finales del plan relativos al diseño seguro de las vías, los sistemas de corte, transporte menor y transporte de la madera a la planta industrial, alcanzando un alto grado de eficiencia y desarrollo forestal.

### **Fotografía 9**



Luis Alfredo Lozano B (2023).

Obra: *Uso de herramientas digitales en la planificación forestal.*

## Fotografía 10



Luis Alfredo Lozano B (2020).

Obra: *Expresión del potencial forestal en Colombia. CURDN en Armero - Tolima.*

### 1.6. Factores y variables que determinan un plan de manejo para el aprovechamiento forestal

La multiplicidad de factores que son necesarios analizar para definir la viabilidad técnica y económica del Plan de Manejo, o de un Plan de Cosecha, y, dentro de este, la tecnología y el grado de mecanización a aplicar en las distintas operaciones de escala de proyecto, se pueden agrupar en las categorías de: factores normativos, ambientales del sitio, sociales, forestales, producto a extraer, disponibilidad tecnológica, talento humano, además de la interacción entre todos ellos, más un error o imprevistos que se espera sea mínimo. En realidad, es una ecuación conformada por variables ponderadas que debe ser atendida desde la ingeniería del aprovechamiento forestal.

$$A.F. = aNor. + bSit. + cSoecon. + dSilv. + eProd. + fTech. + gT.H. + Interacción + E$$

Donde:

<b>A.F. =</b>	Aprovechamiento forestal
<b>Nor. =</b>	Marco normativo del aprovechamiento
<b>Sit. =</b>	Área (define la escala del proyecto), condiciones físicas, bióticas y ambientales del sitio
<b>Soecon. =</b>	Identificación de actores, condiciones socioeconómicas del área de influencia de proyecto
<b>Silv. =</b>	Silvicultura de las especies y ecología del área de incidencia
<b>Prod. =</b>	Tipo de producto o de productos a extraer
<b>Téch. =</b>	Grado de tecnología con la que se puede contar en el proyecto Define procedimientos y rendimientos de trabajo
<b>T.H. =</b>	Talento humano al servicio del proyecto
<b>Interacción =</b>	La interacción entre las diferentes variables
<b>a, b, c, d, e, f, g =</b>	Son factores porcentuales de ponderación, de acuerdo a la importancia de cada variable en la ecuación
<b>E =</b>	Error o imprevistos del proyecto

En Colombia, el proyecto de Plan de Manejo lo delimita el marco normativo; específicamente lo compilado en el Decreto 1076 de 2015. Se suman las demás normas regionales como Planes de Ordenamiento Territorial, Planes de Cuencas Hidrográficas y Plan de Ordenación Forestal.

En estos planes están determinadas las áreas protegidas, las rondas hídricas, las áreas de manejo especial, las reservas forestales, las de la sociedad civil, las campesinas, los resguardos, los consejos comunitarios, parques nacionales y regionales, páramos, áreas protectoras y coberturas forestales productoras.

El siguiente elemento de caracterización del sitio se apoya en la cartografía oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), con el mapa base de coordenadas geográficas y el estudio de suelos para Colombia. Se continúa con información ambiental y del clima, del Instituto de Instituto

de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), quien es una entidad del gobierno de Colombia dependiente del Ministerio de Ambiente.

Para la biodiversidad y consulta de ecosistemas se recurre al Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, y, según la ubicación geográfica dentro de Colombia, a los Institutos Sinchi, del Pacífico e Invemar. Los demás son información directa de campo.

El factor socioeconómico se consulta en el Departamento Nacional de Planeación (DNP), como es el Censo Nacional de Población y el aporte al Producto Interno Bruto (PIB), de la región; el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio o quien haga sus veces, el Ministerio del Interior de Colombia y la información directa de campo.

El manejo silvicultural se apoya en los lineamientos de ordenación forestal y en el conocimiento de las técnicas que, apoyadas en el manejo sostenible y en el modelo normal de producción forestal, propenda por la persistencia del recurso, tanto por especie como por la complejidad del ecosistema.

El tipo de producto hace referencia a obtener productos como postes de diferentes longitudes, madera para aserrío, madera para desenrollar, madera para tableros de partículas o de fibra, madera para pulpa. En Colombia, de acuerdo a la Resolución 0753 (2018, art. 4), para obtener carbón, solo se puede procesar con madera proveniente de residuos. En el bosque natural, las cantidades de los productos forestales son el resultado del análisis del inventario forestal y de las densidades de las especies. En la plantación, se suman variables como la especie sembrada, el grado de madurez del rodal, del índice de sitio. En todo caso, es definitivo tener en cuenta la planta de proceso industrial, la distancia que separa el bosque a la planta y el destino de los residuos.

La demanda de productos en la planta de proceso está muy relacionada con el grado de tecnología con la que se puede contar en el proyecto. La tecnología define la estandarización de los productos, el tipo de energía a consumir, las demandas de productos del bosque, los stocks de madera en patio y la comercialización del producto terminado. Esta

demanda define procedimientos y rendimientos de trabajo anteriores a este proceso. Aquí se hace referencia a equipos de corte, a grupos de trabajo, a jornadas de trabajo, a maquinaria de extracción, a vías (terrestres, acuáticas, férreas, aéreas), a costos administrativos, de tasas, de supervisión, de publicación, de seguros y todo lo relacionado con el proyecto.

El talento humano requiere de cuidado. La capacitación debe ser vista como una inversión a la seguridad y a la calidad. El trabajo seguro, la higiene, la ergonomía y el trato digno y sin distinción de género debe ser una prioridad. La vinculación a la seguridad social debe ser atendida no solo como cumplimiento de ley, sino también como gestión en el trabajo. No debe ser considerada la vinculación de menores de edad en el trabajo.

Las variables expuestas son interdependientes. Y como sistema, esta interacción afecta en diferentes proporciones y sentidos, ya sea para potenciar o reducir el efecto de otra o de otras.

En este sentido, le corresponde al responsable gerencial de la planeación estratégica, táctica y operativa del proyecto (planeación a largo, mediano y corto plazo), analizar el sistema, reajustando la ponderación que se torna dinámica, propia de cada caso, y siendo el resultado de un trabajo en equipo conformado por el personal técnico y administrativo, que discute sobre el análisis de las particularidades de cada actividad, en el tiempo y en el espacio.

La habilidad profesional para analizar, comprender y decidir la particularidad del proyecto, desde el contexto de todas sus variables, es lo que permite la asertividad de la propuesta y las acciones del proyecto.

Entre más detalle, seguimiento por indicadores, control y ajustes, menos imprevistos se tendrán.

## Fotografía 11



Luis Alfredo Lozano B. (2023).

Obra: *Expresión del potencial forestal en Colombia. Pensilvania - Caldas.*

### 1.6.1. Actores relacionados con el terreno

La actual tecnología y la oferta cartográfica digital del mercado, permite visualizar la variación del relieve en el área de interés, pudiéndose clasificar en categorías de pendiente. Dichas categorías pueden ser, por ejemplo: plana, ondulada y montañosa. Estas categorías son factores determinantes para definir la red vial interna y su forma de comunicación con las vías existentes, así como también para la selección de los sistemas de extracción, especialmente los de transporte menor, ya que en muchos casos se constituye en una seria limitante para la operatividad de los equipos. En condiciones planas operan muy bien los tractores forestales. En condiciones de alta pendiente, con riesgos de erosión, remoción en masa o formación de cárcavas, son más funcionales las torres de líneas aéreas con cables de acero.

A la topografía, se suma las condiciones del terreno. Por ejemplo, la presencia de formaciones rocosas, depósitos de arena o cantos rodados a orilla de ríos, en algunos casos, pueden ser una ventaja para la obtención de materiales de afirmado con destino a la construcción de vías e infraestructura del proyecto. A cambio, áreas con depresión y lodosas,

se convierten en un riesgo para la construcción de vías, en especial en periodos lluviosos cuando se debe recurrir a otros sistemas de extracción como cables o tractores con llantas de oruga o de flotación.

### **1.6.2. Factores relacionados con el clima**

Lo que más incide en las operaciones de aprovechamiento son las lluvias, porque afectan no solamente las labores de apeo y arrastre de la madera, sino el tráfico vehicular, por el deterioro de las vías de extracción. Durante la etapa de planificación del aprovechamiento es necesario tener en cuenta el régimen de lluvias, porque permitirá definir el periodo anual de operaciones; los meses más lluviosos y críticos; los días y horas de mayor precipitación; y la cantidad de lluvia por día y por hora. En caso de recurrir a cables aéreos, el nivel cerámico de la región es otro factor importante de riesgo a tener en cuenta, tanto como el de la ocurrencia de vendavales y tormentas en la región.

### **1.6.3. La red hidrográfica**

En algunas regiones de Colombia, el sistema hídrico es un medio de comunicación y de transporte forestal por flotación, siendo de celoso uso por la contaminación que los taninos de la madera pueden aportar a las aguas que conforman la red hidrográfica de la región. Esto ocurre con cierta frecuencia en el caso de bosques ubicados en zonas cercanas a grandes ríos o a zonas de alta precipitación, donde por efecto de estas se pueden presentar significativos incrementos en los caudales, constituyéndose en un medio para el transporte de madera a grandes distancias. En estos casos, es importante recopilar la mayor información sobre la ubicación y las características limnográficas de la red hídrica de la zona, como, por ejemplo: el mar, los ríos, los caños, las quebradas, los lagos, etcétera, con los que se puedan establecer navegabilidad, rutas, horas de tránsito, sitios o patios de acopio, tipo de nave que puede transitar: barco de cabotaje, remolcador, pangón, balsa de madera, lancha, canoa o potrillo.

### **1.6.4. Factores sociales**

Los aspectos sociales están muy relacionados con los impactos del proyecto. Entonces, es fundamental identificar y reconocer actores,

como, por ejemplo: la misma autoridad ambiental, las administraciones municipales, las empresas de servicios públicos y privados, las organizaciones de la sociedad civil y no gubernamentales, y todas aquellas personas con las que se pueda relacionar el proyecto. Con ellos es importante mirar el grado de corresponsabilidad y participación en la temporalidad del proyecto, ya que la duración total del aprovechamiento determinará relaciones contractuales laborales y de prestación de servicios públicos, mantenimiento de vías, restricciones de horarios, solicitudes de capacitación al talento humano para la operación de equipos mecanizados, contratos con empresas especializadas y atención a solicitudes de apoyo para mejoramiento de obras de la infraestructura municipal como escuelas, puestos de salud, recreación y lúdica, entre otros, sin que se llegue a reemplazar las obligaciones del Estado.

### **Fotografía 12**



Luis Alfredo Lozano B. (2010).

*Obra: Elaboración de molduras con propósitos de exportación. Departamento del Meta.*



**Fotografía 13**



Luis Alfredo Lozano B. (2014).

Obra: *Socialización de proyectos forestales*. CURDN – Universidad del Tolima, Armero – Tolima.



## Capítulo II

# Planeación del aprovechamiento forestal persistente en bosques naturales tropicales

**Luis Alfredo Lozano Botache  
Alonso Barrios Trilleras**

### **2.1. Información general del área de estudio**

Los elementos para la planificación de un aprovechamiento en un bosque natural y en una plantación son comunes. La ventaja de hacerlo con una plantación radica en que se tiene casi todo el historial de manejo. En cambio, para un bosque natural tropical se parte de un gran desconocimiento inicial, por lo que no es ajeno comenzar con un estudio de factibilidad previo a la formulación del Plan de Manejo Forestal, que serviría de base para el mismo.

Como el propósito es la madera, la identificación y la evaluación del recurso forestal tropical, debe hacerse en etapas que permitan afinar sucesivamente la información para una mejor descripción del recurso y del área geográfica sobre la cual se quiere intervenir. Esas etapas pueden secuenciarse de la siguiente manera:

- Una exploración por imágenes de sensores remotos.
- Si es prometedor, solicitar un permiso de estudio a la autoridad ambiental (Decreto 1076 de 2015, art. 2.2.1.1.8.1).
- Una vez obtenido el permiso, un reconocimiento por imágenes de sensores remotos de menor escala, o por vuelo no tripulado con drones, o un vuelo en avión o helicóptero.
- Un reconocimiento en terreno, con un inventario exploratorio de estructura ecológica del o los ecosistemas, al igual que de los actores más inmediatos al proyecto.
- Si la fase anterior fue promisorio, se procede con un inventario propiamente dicho, cumpliendo con los términos de la norma.

Si el inventario es satisfactorio, proceder con la elaboración del Plan de Manejo y tramitar el permiso de aprovechamiento (Decreto 1076 de 2015, art. 2.2.1.1.4.1. y 2.2.1.1.4.3.).

Tanto para el estudio de factibilidad, como para el Plan de Manejo Forestal, se requiere de una descripción del proyecto. En un principio será general y en el del plan será con un buen detalle. Dicha información debe contemplar:

**Información descriptiva general.** Se obtiene a partir de información secundaria como imágenes de sensores remotos, mapas geográficos; mapas topográficos, fotografías aéreas; mosaicos aerofotográficos; mosaicos radar; estadísticas climáticas, Planes de Ordenamiento Territorial, Planes de Ordenación Forestal, Plan de Manejo de Cuencas, y otros documentos y estudios de la región. Aquí, son importantes las bases de datos y los visores cartográficos de las instituciones gubernamentales como el IGAC, IDEAM, Instituto HUMBOLDT, DANE, MADS, MININTERIOR, MINAGRICULTURA, entre otros. Con esta información se consigue:

- Ubicar desde el punto de vista geográfico el área de estudio.
- Tener una descripción detallada de las condiciones bajo las cuales se desarrollará el aprovechamiento.

- Servir de guía para iniciar el estudio de las posibles opciones técnicas.
- Estimar el período de las operaciones por año.
- En general, determinar las condiciones de la operación.

**Información del bosque.** Hace referencia al recorrido por el área del proyecto y al trabajo de dendrología, e inventario forestal, con los que se podrá definir aspectos relevantes de la operación como:

- El conocimiento del área desde lo topográfico, los suelos y lo forestal.
- Las alternativas de vías, ya sean terrestres, acuáticas o aéreas.
- La posibilidad de instalar campamentos permanentes.
- Conocer la distancia a los centros poblados.
- Conocer la riqueza florística, índices de diversidad y de densidad de especies.
- Posición sociológica de las especies. Perfiles de vegetación.
- Estructura ecológica por clase diamétrica de las especies.
- Relación entre diámetros y alturas.
- Número de árboles comerciales y el volumen aprovechable por hectárea, de acuerdo con el uso de una tabla de volumen o por el cálculo de la medición directa.

### Fotografía 14



Luis Alfredo lozano B. (2001).

Obra: Comprobación de la cartografía en campo. Simití - Bolívar.

### Fotografía 15



Luis Alfredo lozano B. (2013).

Obra: Ubicación de rodales o lotes en campo. Departamento del Tolima.

## **2.2. El inventario forestal**

El inventario se puede abordar desde diferentes metodologías, como, por ejemplo: muestreo aleatorio, muestreo sistemático, muestreo bietápico o multietápico, muestreos por conglomerado, muestreos por razón o proporción, etcétera, empleando fajas, parcelas cuadradas o redondas, al igual que equipos como cintas diamétricas, forcípulas, relascópios, clinómetros mecánicos o electrónicos, tecnología Lidar 3D, etcétera. Lo importante es cumplir con los inventarios solicitados y con los criterios del error de muestreo, a una probabilidad dada, establecidos en el Decreto 1076 (2015), art. 2.2.1.1.4.5.

El inventario tendrá una influencia directa sobre los siguientes aspectos del aprovechamiento forestal:

- El área de los rodales o cuarteles de aprovechamiento.
- La ubicación y la concentración de los patios de cargue para el transporte de la madera.
- El trazado y la densidad de los caminos forestales, si son del caso.
- La distancia promedio de arrastre con arriería o con tractores forestales.
- El rendimiento y los costos del arrastre.
- La posibilidad de la corta, o volumen, por conocer el número y las dimensiones de los árboles, por especie a aprovechar determinarán los siguientes aspectos del aprovechamiento:
  - ▶ Características técnicas de los sistemas y equipos de apeo, de transporte menor, de las técnicas de los sistemas y equipos de cargue y descargue, y de las características técnicas de los sistemas y equipos de transporte mayor.
  - ▶ La magnitud, la operatividad y los costos de los sistemas de transporte menor y mayor seleccionados, en función de las dificultades para la extracción de la madera y la construcción de la red vial.

El costo, el precio y los resultados del inventario forestal es un elemento crítico para el aprovechamiento forestal. Sin duda, un muestreo permitirá los mejores ajustes a la metodología, la intensidad y la precisión estadística solicitada.

La metodología estará asociada a la extensión o área total del proyecto y a la estratificación de los bosques; esta estratificación se realiza por tipos de cobertura, por tipos de paisaje, por el relieve o por su combinación. También, incide la logística de operación, por ejemplo, la distribución de la red de caminos, ríos o quebradas, por donde se pueda realizar el ingreso a tomar mediciones de campo. En este trabajo de campo es obvia la conformación del grupo de personas encargadas de la medición y la ubicación de los centros o sitios de concentración donde se descansa de la actividad diaria de trabajo. En esto, cada caso es particular; desde construir campamentos semipermanentes hasta transitorios, o alquilar viviendas o sitios que permitan un alojamiento digno.

El grupo de personas que realizarán la medición estarán bajo la dirección de un profesional en ingeniería forestal. El grupo es diverso en funciones y su conformación dependerá de las condiciones del sitio. Por ejemplo, una persona que, como baquiano, conoce y se orienta dentro del bosque y que en él se confía para ingresar y salir del bosque y que también puede trabajar en la apertura de caminos y en los ejes de las parcelas; otra o dos personas más para abrir camino y trazar el eje de las parcelas, medir distancias, estacar y demarcar las parcelas; una persona más para identificar las especies y medir los diámetros, para lo cual deberá estar capacitada en el uso de formularios, en físico o en instrumento digital, así como en los equipos e instrumentos, tanto en sus unidades como su precisión. Otra persona para medir las alturas de los individuos, preferiblemente con instrumentos, porque en otras ocasiones será por estimación. De todas maneras, en la oficina, para el cálculo de volumen, será necesario el uso de tablas de volumen estándar o de doble entrada (Rojas, 1977; López-Serrano et al., 2003; Lema-Tapias, 1993; Lema-Tapias, 1994; Condés-Ruiz, 2014).

La suma de costos del inventario estará relacionada con las condiciones de terreno, porque no es lo mismo un inventario en condiciones



de baja pendiente a hacerlo en terrenos escarpados o en zonas pantanosas. Tampoco en invierno o en verano o en zonas con influencia de bajas y altas mareas. En todo caso, lo básico es el salario de las personas, la seguridad social y los parafiscales de ley, la indumentaria, la capacitación, los equipos, los vehículos de desplazamiento, el alquiler del alojamiento, los equipos de ofimática, la recopilación y proceso de información por un experto, la elaboración del documento final.

Los inventarios se realizan tantas veces como la norma lo exija, más los que la misma empresa requiera para los ajustes de manejo. En el mercado existen empresas especializadas que ofrecen sus servicios en esta actividad.

Con los resultados de inventarios forestales, se obtiene uno de los elementos fundamentales para realizar el plan de manejo forestal.

### Fotografía 16



a.



b.

Luis Alfredo Lozano B. (2023).

Obra: Mediciones forestales de diámetro (a) y altura en bosque natural intervenido (b).  
Municipio Rovira - Tolima.

### Fotografía 17



Luis Alfredo Lozano B. (2013).

Obra: *Cubicación forestal en aprovechamiento de Gmelina arborea*. Municipio Zambrano - Bolívar.

## 2.3. Elaboración el plan de aprovechamiento

### 2.3.1. Información general del área de estudio y del inventario forestal

- Los cuarteles o rodales, de acuerdo a los volúmenes demandados por la planta de transformación y a la duración o tiempo que se va a solicitar en el permiso o autorización de aprovechamiento.
- La ubicación de los patios de acopio.
- La ubicación de campamentos transitorios o permanentes.
- Los sistemas de extracción de bajo impacto a los patios de acopio.
- El trazado, la densidad y ubicación de vías acuáticas o terrestres; caminos principales y secundarios, según sean las condiciones del terreno del área de trabajo, manteniendo medidas de conservación de los suelos.
- Los equipos y los grupos de personas requeridos en cada actividad.

- El cálculo de los costos parciales y totales de la madera puesta en la planta industrial.
- Las medidas silviculturales para garantizar la persistencia del recurso, siendo fundamental la práctica de tala de bajo impacto.

El mejor comienzo para planificar y ejecutar la extracción forestal, atendiendo las indicaciones anteriores, es con un Sistema de Información Geográfico (SIG), con un mapa base, las capas de interés temático y los metadatos de: suelos, clima, relieve, infraestructuras viales, férreas, eléctricas, red hídrica, población, coberturas, entre otras. La escala final de presentación dependerá de la del mayor detalle que se pueda obtener en los visores institucionales, sin ser ajeno a la que se pueda elaborar con la información directa del proyecto. En este caso, una mínima escala de detalle sería de 1:25000; apropiada 1:10000, e ideal 1:5000.

Cada año, o cada 3 años, según el tamaño de los rodales, bloques o cuarteles de aprovechamiento, sea pequeño o grande, se recomienda efectuar un nuevo inventario de control, a fin de evaluar con mayor aproximación la dinámica de crecimiento de las especies, el volumen existente e incorporar información actualizada sobre posibles afectaciones no planeadas, áreas inundadas, pantanos, quebradas, concentraciones de rocas, depósitos de balasto, cadenas de montañas, ríos, caminos existentes, etc. Si la corta y la extracción va a ser muy selectiva, por ejemplo, de pocos árboles por hectárea, hay que indicar la posición georreferenciada de cada árbol y cada especie mediante un código. Este nivel de detalle puede aumentar los costos, pero a cambio disminuirá los de las operaciones de corta y extracción, con beneficios como:

- Entrega una mayor seguridad del volumen de madera existe, siendo conocida su ubicación para asegurar el abastecimiento anual.
- Facilita programar la producción por especie y, con esto, realizar los contratos correspondientes.
- Se puede planificar y trazar la red de vías, terrestres o acuáticas, según sea el caso, los caminos principales y secundarios, evitando obstáculos y dirigirlos hacia los sectores donde el recurso tiene mayor oferta y sin tener que zigzaguear con azar dentro el bosque.

- Se reduce la longitud de los caminos principales y secundarios con las correspondientes ventajas económicas.
- Las vías de extracción se pueden trazar sobre el mapa en la oficina, evitando obstáculos y orientándolas en dirección a las concentraciones de árboles o exacta a cada árbol, reduciendo afectaciones y la longitud de las vías.
- Se facilita la organización del apeo y arrastre de la madera, evitando tiempos improductivos. En el caso de mapas con ubicación exacta de los árboles, se pueden asignar tareas precisas a cada grupo de trabajo.
- Se evita recorridos innecesarios de los equipos de transporte menor, se reducen costos, al igual que de tiempos improductivos.
- Facilita la elaboración de indicadores de control del aprovechamiento, lo que constituye una herramienta valiosa para la planificación y la seguridad del abastecimiento en años sucesivos.
- En general, se reduce el riesgo de operación y costos.

### **Fotografía 18**



Luis Alfredo Lozano B. (2007).

Obra: *Planeación de trabajo de campo en el norte del Tolima.*

### Fotografía 19



Luis Alfredo Lozano B. (2010).

Obra: *Comprobación del trabajo en campo. Municipio Yarumal - Antioquia.*

#### **2.3.2. Las canchas, sitios o patios de madera**

El análisis del inventario y la cartografía conlleva a la estratificación o tipificación del área de estudio, obedeciendo principalmente a un cálculo por volumen de madera a cortar, en una unidad de tiempo. Esta evaluación es clave para determinar los sitios de acopio de la madera cortada. Los sitios son clave, porque:

- Define el sentido ordenado del corte de madera, así como el número de grupos de corte.
- Define el sistema de extracción hasta un punto inicial de acopio, ya sea por cable, por arriería, por esfuerzo humano, por tractores o por zanjas.
- Define la forma en que se van a unir estos puntos iniciales de acopio a otro desde donde se comience a realizar el transporte menor. Pueden ser con diferentes sistemas de vías o combinación de ellos; por ejemplo, canales a ríos o a borde de carretera, o

caminos que unen a otros caminos, o cables que llegan a una vía. Esto es destreza del ingeniero y del equipo humano que proyecta el aprovechamiento forestal.

- Es el elemento inicial de eficiencia en las actividades de aprovechamiento.

### **2.3.3. Las vías forestales**

La ingeniería de las vías forestales requiere un capítulo aparte. Sin embargo, en estos párrafos se les hará referencia como aquellos elementos encargados de unir los puntos o patios de acopio y de ser elementos importantes en el control de sanidad vegetal, con especial referencia al control de incendios forestales.

Para el trazado de la vía forestal, se tendrá en cuenta el vehículo de diseño, es decir, el vehículo de carga que transitará la vía, de acuerdo con las especificaciones de dimensiones del vehículo y carga máxima permitida por la Norma Técnica Colombiana - NTC 4788 y NTC 4788-1 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas, 2011; Resolución 4100, 2004).

Los vehículos de tránsito común son camiones de dos, tres y de cuatro ejes, por lo que el segundo factor crítico a tener en cuenta es el relacionado con las dimensiones del vehículo y corresponde al radio de giro de estos vehículos. Con estos elementos, se sigue el análisis, teniendo en cuenta las condiciones físicas y topográficas del terreno, estableciendo una pendiente y una velocidad máxima de tránsito, que, por lo general, para el caso colombiano, no superan el 12% de pendiente y los 20 kilómetros por hora de velocidad, con un ancho de vía de tres metros, incluyendo zanjas de drenaje a los costados y un derecho de vía de por lo menos 10 metros.

En la **Tabla 2** se presentan algunas características geométricas generales de los caminos forestales propuestos por Elorrieta-Jove et al. (2002).

**Tabla 2**

*Características geométricas generales de los caminos forestales.*

Denominación de la vía	Velocidad media (km/h)	Pendiente (%)	Radio mínimo (m)	Anchura de explanada (m)	Sobreanchos en curvas
De acceso	40 -80	10 - 12	40	5 - 7	Sí
Contra incendios	---	---	15	2.5 - 7	Opcional
Forestal principal	40 - 80	10 - 12	40	3 - 7	Sí
Forestal secundaria	20 - 80	12 - 15	20	3 - 4	Sí
Temporales	1 - 10	20 - 30	10	2.5 - 3	No
Calles	1 - 10	25 - 40	10	2.5	No

**Fuente.** Adaptado de Elorrieta-Jove et al. (2002).

En resumen, la vía forestal se asemeja a una terciaria, con afirmado de un carril y con puntos programados para el cruce de vehículos en el otro sentido. Se deben adicionar las obras de arte como alcantarillas, vados, puentes forestales y un riguroso mantenimiento vial (Elorrieta-Jove et al., 2021).

Las normas viales son las establecidas en la Ley 769 (2002), o Código Nacional de Tránsito Terrestre de Colombia.

### Fotografía 20



Luis Alfredo Lozano B. (2010).

Obra: Apertura de vía y patio para logística de trabajo. Municipio Roncesvalles - Tolima.

### Fotografía 21



Luis Alfredo Lozano B. (2010).

Obra: Alcantarilla en vía o camino forestal. Municipio Yarumal - Antioquia.



### Fotografía 22



Luis Alfredo Lozano B. (2023).

Obra: Vado en vía terciaria, funcional en las carreteras forestales. Municipio Piedras - Tolima.

### Fotografía 23



Luis Alfredo Lozano B. (2023).

Obra: Carretera forestal. Municipio Manzanares - Caldas.

## **Fotografía 24**



Luis Alfredo Lozano B. (2007).

Obra: Carretera forestal. Municipio Buenaventura - Valle.

### **2.4. Ejemplo de tres sistemas alternativos de aprovechamiento**

Como se había mencionado, lo común es dirigir el aprovechamiento maderero a productos como:

- Fustes de árboles para postes de diferentes dimensiones, ya sean para telecomunicación, transmisión eléctrica, madera de estructura, palancas de minería, parques, cercas, según la resistencia física de la especie.
- Madera en trozas de 3.25 metros de longitud para desenrollar chapas.
- Madera en trozas de 3.25 metros de longitud para aserrío y producto final la madera para molduras, estructuras y la construcción, según la resistencia física de la especie.
- Madera para extraer celulosa.
- Madera para chippear y elaborar tableros de partículas o de fibras.
- Varas para tutores de cultivos agrícolas.

De acuerdo con lo considerado en el **numeral 1.6**, del **Capítulo I**, de este documento, la escala del proyecto será determinada por la conjugación de variables ponderadas, por el especialista o los especialistas que conforman el grupo de decisión administrativo y técnico del proyecto, entre ellas el producto a extraer del bosque. De estas variables, y con base en lo expuesto por Duran-Rosero (1998), a continuación, se exponen tres posibles escenarios que, de manera general, serán tratados como guía de ordenado de trabajo. Estos son:

- Sistema de aprovechamiento manual para madera corta.
- Sistema de aprovechamiento parcialmente mecanizado para madera corta.
- Sistema combinación: longitud / diámetro del tallo y sistema de madera corta.

#### **2.4.1. Sistema 1. Aprovechamiento manual para madera corta**

**Descripción del sistema.** Equipo de corte manual y arrastre con animales. Trozas de medidas convencionales, o en un rango de longitudes al azar entre 3 y 6 metros de longitud. Este sistema es propio de aprovechamientos domésticos o por ministerio de la ley. El sistema se describe en la **Tabla 3**. Son de bajo rendimiento y de un costo relativamente alto. En la **Tabla 4** se muestra la de un ejemplo de la organización del trabajo.

**Tabla 3**

Descripción de las operaciones generales en un aprovechamiento manual para madera corta.

<b>Corta o apeo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hacha y sierra de arco o motosierra, para árboles con D.A.P, menores de 20 cm.</li><li>• Hacha y una o dos sierras de troceo de dos operarios, o motosierra para árboles con D.A.P, mayores de 20 cm.</li><li>• Cuña de madera o metal blando para direccionar la caída del árbol.</li></ul>
<b>Descope y desramado</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hacha o motosierra. En caso de ramas espesas se recurre a usar sierra.</li></ul>
<b>Troceado</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En el rodal o cuartel, utilizando una sierra de arco, o una o dos sierras de troceo de dos operarios o motosierra.</li></ul>
<b>Descortezado</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En el rodal o cuartel, usando descortezador u otras técnicas para cortezas gruesas y fibrosas.</li></ul>
<b>Apilado</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Manual en el cuartel; se usa un par de tenazas o ganchos para fuste de poco peso por cada operario.</li></ul>
<b>Transporte menor</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Extracción por un sendero limpio.</li><li>• Arrastre animal con aparejos de deslizamiento. El arriero debe llevar ocasionalmente una ayuda para salvar obstáculos; tal como una tenazas o ganchos para acarreo de fustes o piezas de poco peso.</li><li>• Extracción a lo largo de la faja de una vía para desembarque.</li><li>• Arrastre con animales de un remolque de dos ejes.</li><li>• Espaciamiento de líneas entre los caminos:</li><li>• Sin deslizamiento de madera, 15 a 30 metros.</li><li>• para sistemas de deslizamiento, 75 a 200 metros.</li></ul>
<b>Cargue</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Toza o elemento por elemento se va subiendo al hombro y se acomoda en la rampa del camión. Se asegura con aparejos verticales de metal y se amarran con eslingas.</li></ul>
<b>Descargue</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se sueltan las estacas del vehículo, luego la madera se leadea, se vuelca y se rueda a mano directamente hacia el suelo.</li></ul>

**Tabla 4**

Organización del trabajo en un aprovechamiento manual para madera corta.

<b>Organización típica para la corta</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Para cuarteles de pequeña dimensión: un hombre trabajando con hacha y una sierra de arco.</li><li>• Para cuarteles de gran dimensión: un operario usando una sierra de corte transversal o motosierra con alguna ayuda, si la hay.</li></ul>
<b>Organización típica del acarreo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Para trozas livianas el arriero o boyero según el caso, puede trabajar solo.</li><li>• Con maderas pesadas deben trabajar dos o más arrieros con los animales; o un arriero ayudado por un cargador.</li></ul>

**Fotografía 25**



Luis Alfredo Lozano B. (2010).

Obra: Apeo en bosque natural.

### Fotografía 26



Luis Alfredo Lozano B. (2012).

Obra: *La arriería es una expresión cultural al servicio del aprovechamiento forestal.*

### Fotografía 27



Harol Monroy (2023).

Obra: *Sistema de cable terrestre para la extracción de madera motoaserrada. Al andar por la vía, la camioneta tira del cable, articulado por una polea sujeta a un tocón. Municipio de Ibagué - Tolima.*

### Fotografía 28



Luis Alfredo Lozano B. (2008).

Obra: Por limitaciones de terreno, cargue con esfuerzo humano a una volqueta C2.

### Fotografía 29



Luis Alfredo Lozano B. (2010).

Obra: Cargue con esfuerzo humano a un camión C2.

## 2.4.2. Sistema aprovechamiento parcialmente mecanizado para madera corta

**Descripción del sistema tipo.** Equipo manual y tractor agrícola. Trozas de medidas convencionales o en un rango de longitudes al azar entre 3 y 6 m, previamente movilizadas por cualquier sistema de arrastre animal. En la **Tabla 5** muestra las operaciones generales, y la **Tabla 6** muestra la organización del trabajo sugerido.

**Tabla 5**

*Operaciones generales en el sistema de aprovechamiento parcialmente mecanizado para madera corta.*

<b>Corta o apeo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hacha y sierra de arco o motosierra, para árboles con D.A.P, menores de 20 cm.</li><li>• Hacha y una o dos sierras de troceo de dos operarios, o motosierra para árboles con D.A.P, mayores de 20 cm.</li><li>• Cuña de madera o metal blando para direccionar la caída del árbol.</li></ul>
<b>Descope y desramado</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hacha o motosierra. En caso de ramas espesas se recurre a usar sierra.</li></ul>
<b>Troceado</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En el rodal o cuartel, utilizando una sierra de arco, o una o dos sierras de troceo de dos operarios o motosierra.</li></ul>
<b>Descortezado</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En el rodal o cuartel, usando descortezador u otras técnicas para cortezas gruesas y fibrosas.</li></ul>
<b>Apilado</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Manual en el cuartel; se usa un par de tenazas o ganchos para fuste de poco peso por cada operario.</li></ul>
<b>Transporte menor</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Extracción por un sendero limpio.</li><li>• Arrastre de trozas pesadas por cable montado en un tractor agrícola o deslizado como en el sistema anterior.</li><li>• Extracción a lo largo de una vía de desembarque.</li><li>• Arrastre con tractor agrícola, o de un remolque de dos ejes.</li><li>• Espaciamiento de líneas entre los caminos:</li><li>• Sin deslizamiento de madera, 15 a 30 metros.</li><li>• Para sistemas de deslizamiento, 75 a 200 metros.</li></ul>



<b>Cargue</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Toza o elemento por elemento se va subiendo al hombro o con pluma o grúa, y se acomoda en la rampa del camión. Se asegura con aparejos verticales de metal y se amarran con eslingas.</li></ul>
<b>Descargue</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se sueltan las estacas del vehículo, luego la madera se ladea, se vuelca y se rueda a mano directamente hacia el suelo, o se descarga con poleas o grúas.</li></ul>

### Tabla 6

Organización del trabajo en el sistema de aprovechamiento parcialmente mecanizado para madera corta.

<b>Organización típica para la corta</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Para cuarteles de pequeña dimensión: un hombre trabajando con motosierra.</li><li>• Para cuarteles de gran dimensión: un operario usando o motosierra con alguna ayuda, si la hay. Se tienen más de un grupo de trabajo.</li></ul>
<b>Organización típica del acarreo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Un operario capacitado se encarga del winche de la grúa.</li><li>• Con maderas pesadas deben trabajar dos o más operarios con los estobos de un cable terrestre.</li></ul>

### Fotografía 30



Luis Alfredo Lozano B. (2017).

Obra: Equipo de trabajo seguro. Caso para un descortezador de postes.

### Fotografía 31



Luis Alfredo Lozano B. (2010).

Obra: Arriería con madera en suspensión. Tocota - Valle del Cauca.

### Fotografía 32



Luis Alfredo Lozano B. (2010).

Obra: Malacate para extracción de madera por arrastre. Pensilvania - Caldas.

### Fotografía 33



Luis Alfredo Lozano B. (2006).

Obra: Tractor agrícola adaptado para la extracción forestal. Municipio Villanueva - Casanare.

### Fotografía 34



Luis Alfredo Lozano B. (2008).

Obra: Cargue con esfuerzo humano.

### **Fotografía 35**



Luis Alfredo Lozano B. (2023).

Obra: *Cargue de madera por vía forestal. Manzanares - Caldas.*

### **Fotografía 36**

*Cargue de madera. Restrepo - Valle.*



Luis Alfredo Lozano B. (2023).

Obra: *Cargue de madera. Restrepo - Valle.*

### 2.4.3. Sistema combinación: longitud / diámetro del tallo y sistema de madera corta

**Descripción del sistema tipo.** Equipo manual y tractor agrícola o forestal. La longitud o la dimensión del tallo para despejar la faja del camino sigue siendo convencional o en un rango al azar entre 3 y 6 m. En la **Tabla 7** muestra las operaciones generales y en la **Tabla 8** la organización del trabajo.

**Tabla 7**

*Operaciones generales en el sistema de combinación: longitud / diámetro del tallo y sistema de madera corta.*

<b>Corta o apeo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacha y sierra de arco o motosierra, para árboles con D.A.P, menores de 20 cm.</li> <li>• Hacha y una o dos sierras de troceo de dos operarios, o motosierra para árboles con D.A.P, mayores de 20 cm.</li> <li>• Cuña de madera o metal blando para direccionar la caída del árbol.</li> </ul>
<b>Descope y desramado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacha o motosierra. En caso de ramas espesas se recurre a usar sierra.</li> </ul>
<b>Troceado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el rodal o cuartel, utilizando una sierra de arco, o una o dos sierras de troceo de dos operarios o motosierra.</li> </ul>
<b>Descortezado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el rodal o cuartel, usando descortezador u otras técnicas para cortezas gruesas y fibrosas.</li> <li>• Si hay riesgo de que la corteza se seque y se adhiera rápidamente a la madera el descortezado debe ejecutarse inmediatamente después del troceado.</li> </ul>
<b>Apilado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual en el cuartel; se usa un par de tenazas o ganchos para fuste de poco peso por cada operario.</li> </ul>

<b>Transporte menor</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Extracción por un sendero limpio.</li><li>• Arrastre de trozas pesadas por cable montado en un tractor agrícola o forestal, o deslizado como en el sistema anterior.</li><li>• Extracción a lo largo de una vía de desembarque.</li><li>• Arrastre con tractor agrícola o forestal, o de un remolque de dos ejes.</li><li>• Espaciamiento de líneas entre los caminos:</li><li>• Sin deslizamiento de madera, 15 a 30 metros.</li><li>• Para sistemas de deslizamiento, 75 a 200 metros.</li></ul>
<b>Cargue</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Toza o elemento por elemento se va subiendo al hombro o con pluma o grúa, y se acomoda en la rampa del camión. Se asegura con aparejos verticales de metal y se amarran con eslingas.</li></ul>
<b>Descargue</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se sueltan las estacas del vehículo, luego la madera se ladea, se vuelca y se rueda a mano directamente hacia el suelo, o se descarga con poleas o grúas.</li></ul>

### Tabla 8

Organización del trabajo en el sistema de combinación: longitud / diámetro del tallo y sistema de madera corta.

<b>Organización típica para la corta</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Para cuarteles de pequeña dimensión: un operario trabajando con motosierra.</li><li>• Para cuarteles de gran dimensión: un operario usando o motosierra con alguna ayuda, si la hay. Se tienen más de un grupo de trabajo.</li></ul>
<b>Organización típica del acarreo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Un operario capacitado se encarga del winche de la grúa.</li><li>• Con maderas pesadas deben trabajar dos o más operarios con los estobos de un cable terrestre.</li></ul>

### Fotografía 37



Luis Alfredo Lozano B. (2022).

Obra: Oferta de equipo forestal. Feria Internacional. Bogotá.

### Fotografía 38



Luis Alfredo Lozano B. (2022).

Obra: Trabajo con equipo forestal. Municipio Santa Rosa - Risaralda.

## **2.5. Planeación del aprovechamiento o cosecha total en plantaciones forestales comerciales**

La planeación de cortas en plantaciones forestales comerciales tiene ventajas comparativas frente a los bosques naturales, porque sobre aquellas se tiene información desde el establecimiento y siembra de los arbolitos. Desde el inicio y puesta en marcha del Plan de Establecimiento y Manejo Forestal (PEMF), se ha tenido conocimiento sobre tipos de suelo, clases de pendiente, áreas plantadas por especies, volúmenes de producción, tablas de volumen, calidades de sitio, vías, clima estacional, talento humano capacitado, infraestructura transitoria y permanente, costos de manejo, equipos forestales, convenios con la comunidad y franqueza con las autoridades ambientales y locales, todo lo cual debe estar soportado en documentos y representado en un sistema de información geográfica con sus respectivos metadatos. De hecho, es tendencia que las empresas quieran certificar sus plantaciones y productos, por lo que esta información se procura actualizada.

En Colombia, como norma se tiene que el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, de conformidad con la Ley 99 (1993, art. 5, parágrafo 3) y la Ley 139 (1994, art. 2), es la entidad competente para formular la política de cultivos forestales con fines comerciales de especies introducidas o autóctonas, con base en la Política Nacional Ambiental y de Recursos Naturales Renovables que establezca el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En igual sentido, la Ley 101 (1993), “Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero”, mediante la cual se desarrollan los artículos 64, 65 y 66 de la Constitución Política, con miras a proteger el desarrollo de las actividades agropecuarias y pesqueras, y promover el mejoramiento del ingreso y calidad de vida de los productores rurales, dispone en el parágrafo de su artículo 1, que “para efectos de esta Ley la explotación forestal y la reforestación comerciales se consideran actividades esencialmente agrícolas”. Esto no desacredita a que las actividades forestales sean realizadas por ingenieros forestales, dada su formación profesional.

En este sentido, y según la normativa del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Decreto 1071 (2015) y del Decreto 2398 (2019), este último relacionado con el certificado de movilización, equivalente



a un salvoconducto en aprovechamiento del bosque natural, se ratifica que las plantaciones forestales comerciales se consideran actividades esencialmente agrícolas. Por lo anterior, el plan de aprovechamiento o de cosecha de la plantación no es documento para presentar ante una autoridad oficial, a menos que, por alguna situación de petición o situación jurídica, así lo requieran, en virtud del principio de coordinación y de reconocimiento de los derechos de los particulares. En esencia, este plan es un documento de planeación y apoyo para la toma de decisiones.

## **2.6. El plan de aprovechamiento general**

De acuerdo con Duran-Rosero (1998), en términos generales, la planeación del aprovechamiento o cosecha de una plantación involucra los mismos elementos que para un bosque tropical, solo que, por el acumulado acopio de información sobre toda y cada área o bloque de la plantación, el procedimiento se reduce al diseño del Plan de Aprovechamiento General o para toda la plantación. Luego, con base en este, se procede a la formulación del plan de aprovechamiento detallado, en el que se consignan en forma específica todos los aspectos correspondientes a ítems como áreas, especies, volúmenes, sistemas y equipos de extracción y movilización de la madera desde el bosque hasta la planta industrial.

La eficiencia de las operaciones de corta o apeo, de dimensionar producto o productos, de extraerlos hasta un patio, luego de realizar un transporte menor y posterior un transporte mayor, solo es posible si se tiene un buen plan y, con ello, un buen aprestamiento de actividades. Las actividades preparatorias generalmente incluyen:

- a. El plan general del aprovechamiento. El plan para toda el área de proyecto. Es el proyecto del plan de aprovechamiento general: del volumen total y por unidad de tiempo, de los patios o zonas de cargue y descargue, de los vehículos y tractores a utilizar (sistema de transporte), de las vías forestales (vías principales y senderos de arrastre), de los grupos y equipos de corte y extracción, de la seguridad industrial, de los costos generales, del sistema de información geográfico.
- b. Recorrido y delimitación de las posibles vías y patios de madera.

- c. Cronograma de corta por cuarteles y unidades.
- d. Plan detallado de corta o aprovechamiento o cosecha para cada área, cuartel o unidad de corta.

## **2.7. Información complementaria al plan general de aprovechamiento o cosecha de plantaciones**

El plan general de cosecha o aprovechamiento, usualmente se apoya de la siguiente información complementaria:

- Recorrido y reconocimiento del área de aprovechamiento.
- Delimitación y demarcación de cada área o unidad de aprovechamiento, si es del caso.
- Demarcación de patios o zonas de cargue y descargue.
- Demarcación del trazado de las vías de la cosecha o aprovechamiento.
- Cartografía por capas de interés temático y con convenciones propias o de uso común, como, por ejemplo, las de Corine Land Cover (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia [IDEAM], 2023). Algunas convenciones propias podrían ser: líneas continuas y discontinuas de diferentes colores; áreas con entramado de diferentes texturas y entramados, formas geométricas de diferente tamaño y color. Figuras y símbolos representativos orientación, advertencias, información o cumplimiento.

### Fotografía 39



Luis Alfredo Lozano B. (2023).

Obra: Señalética para el trabajo forestal seguro. Restrepo-Valle.

### Fotografía 40



Luis Alfredo Lozano B. (2018).

Obra: Indumentaria para el apeo seguro. Municipio Yarumal - Antioquia.

### **Fotografía 41**



Harvey Céspedes Torres. (2015).

Obra: Apeo seguro. Municipio Sevilla - Valle del Cauca.

### **Fotografía 42**



Luis Alfredo Lozano B. (2018).

Obra: Apertura de vía forestal y de patio de acopio de madera. Municipio Yarumal - Antioquia.

### Fotografía 43



Luis Alfredo Lozano B. (2010).

Obra: Estrobadado para extracción por cable aéreo. Municipio Pensilvania - Caldas.

### Fotografía 44



Luis Alfredo Lozano B. (2014).

Obra: Carreto para extracción por cable aéreo. Municipio Pensilvania - Caldas.

### Fotografía 45



Luis Alfredo Lozano B. (2023).

Obra: Torre para extracción por cable aéreo. Municipio Manzanares - Caldas.

### Fotografía 46



Luis Alfredo Lozano B. (2018).

Obra: Tractor forestal con garra para cargue y descargue de madera. Al fondo se tiene el sitio adecuado para el manejo de combustibles y aceites. Municipio Armenia - Quindío.

**Fotografía 47**



Luis Alfredo Lozano B. (2015).

Obra: *Transporte de madera por vía forestal*. Municipio Yarumal - Antioquia.





## Capítulo III

# Principales ítems para el cálculo de costos del aprovechamiento forestal

**Luis Alfredo Lozano Botache**

En el **numeral 1.6**, del **Capítulo I**, se expone una ecuación constituida por variables ponderadas que obedecen a la generalidad e integralidad del Plan de Aprovechamiento Forestal o al Plan de Cosecha. Una situación complementaria es abordar las variables por actividad. De hecho, en el mercado se encuentran empresas que se dedican en específico a una de estas actividades, a dos o más de ellas, requiriendo conocimiento, tecnología, infraestructura y estructura de costos en un contexto de amplia complejidad ambiental. Complejidad ambiental por estacionalidad climática, tipos de suelo, pendientes, tipos de cobertura, infraestructura vial, distancias de centros poblados y a la planta o plantas de proceso, área del proyecto y volumen de madera a aprovechar, entre otros. Esta complejidad es lo que sustenta el concepto de: ingeniería del aprovechamiento forestal.

En este sentido, no es fácil estandarizar costos. Cada proyecto, cada unidad de corta, cada día tiene su situación particular para costear cada actividad. En la cotidianidad, las actividades de campo del aprovechamiento forestal se pagan por rendimiento o destajo y salvo las actividades de administración y supervisión, se hace por salario pactado por horas, días, quincenas o mensualidad. Esta disparidad de actividades y remuneraciones

puede abordarse desde el análisis de las curvas salariales. Entre varios, un ejemplo metodológico de cómo evaluar curvas salariales se encuentra en Llanos-Córdoba (2022). En todo caso, es importante asegurar que el trabajador, operario, oficinista o administrativo, reciba el mínimo ingreso mensual vigente por la ley y con correspondientes parafiscales.

Retomando los ítems y los costos por actividad, en este capítulo se trata de orientar la complejidad de los casos a dos grandes situaciones principales:

- Primera, la del trabajo en terreno de baja pendiente.
- Segunda, la del trabajo en terreno de ladera.

Las otras situaciones serán secundarias y tratadas entre mínimos y máximos que han sido reportados en la experiencia de proyectos nacionales. Por ejemplo, un mínimo de volumen para cosechar y con el que posiblemente se justifique la actividad de aprovechamiento, en la relación entre el “costo y el beneficio”.

A fines de ir simplificando con un ejemplo de costos, y para procurar unas condiciones homogéneas –que son difíciles de obtener– los cuadros y tablas que a continuación se presentan obedecen a unas condiciones mínimas, como las de un aprovechamiento en un lote no menor de 50 hectáreas, y con un volumen mínimo aprovechable en pie de 150 metros cúbicos (la realidad puede ser con una mayor área y con un poco más del doble del volumen aquí expresado); también, se consideraron dos tipos de terreno: uno de baja pendiente (en trabajo forestal  $\leq 20\%$ ), y otro de ladera ( $>20\%$  de pendiente). Los costos fueron estimados y presentados en miles de pesos colombianos, y en los casos del talento humano, contienen los lineamientos legales que establece la seguridad social colombiana.

La información se colectó de ingenieros forestales que trabajan en empresas del sector donde realizan aprovechamientos forestales. De ellos, se tomó información sobre actividades, equipos, rendimientos y costos, bajo los dos grandes escenarios: uno de aprovechamientos en terreno plano, y otro en terreno de ladera.

Se insiste en que el ejercicio tiene un fin de simplificar la elevada complejidad de la planificación, desarrollo y evaluación de un aprovechamiento forestal en las variadas condiciones de la geografía colombiana. En este sentido, lo expuesto deberá tomarse como una percepción que presentan los autores para orientar la construcción de una siguiente estructura de costos, según la metodología o modelo que se adopte por la particularidad de los proyectos y empresas, y mantener una discusión sobre la complejidad del Plan de Aprovechamiento o Cosecha.

Este ejercicio fue expuesto y puesto a disposición de los estudiantes de la Especialización en Producción, Transformación y Comercialización de Productos Derivados de la Madera, ofrecido por la Universidad del Tolima. Durante la elaboración de este ejercicio, fue interesante observar cómo las empresas, para definir las actividades, procesos, equipos y talento humano, deben recurrir primero a juicios técnico-administrativos, como, por ejemplo, el flujo de caja, o la frecuencia y cantidad de pedidos, mientras que para otras empresas el éxito está primero en la posibilidad de abrir carreteras o vías de extracción forestal. Esto, en la realidad, muestra la fragilidad del sector y amplio concepto multidisciplinar de ingeniería del aprovechamiento forestal.

La presentación de cuadros y tablas obedecen el siguiente orden:

- Elementos para la planificación del aprovechamiento o cosecha.
- Selección de lotes a cosechar.
- Trazado de vías.
- Sistemas de cosecha.
- Sistemas de extracción.
- Sistemas de cargue y descargue.
- Transporte mayor.
- Campamentos de operaciones en el bosque.
- Costos de administración.

### 3.1. Elementos para la planificación del aprovechamiento o cosecha

Escenarios	
Zona de baja pendiente	Zona de Ladera
≤ 20% pendiente	>20% pendiente

Se parte de la información cartográfica o sistema de información geográfica. En el caso de la plantación forestal comercial, la cartografía debería ser parte de los resultados conseguidos durante la ejecución del plan de manejo dado a la plantación. En la **Tabla 9** se presentan los costos por elaboración de cada cartografía temática, a partir de sensores remotos.

**Tabla 9**

Costos generales por elaboración de cada cartografía temática, a partir de sensores remotos.

	Costos por elaboración de cada cartografía temática, a partir de sensores remotos, en miles (000) de pesos (\$), por hectárea			
	Por desarrollo del plan de manejo dado a la plantación	> 1000 ha	500 - 1000 ha	< 500 ha
Clima diagrama				
Cartografía temática				
- Coberturas vegetales				
- Áreas de lotes plantados				
- Existencia de madera en pie en cada lote	0	100 - 200	200 - 250	250 - 1200
- Curvas de nivel; ideal cada cinco metros				
- Tipos de drenajes				
- Vías y camino				
- Fragilidad de suelos				

La variación depende de las imágenes y tecnología disponible para levantar y procesar la información.

Para el cálculo de existencias de madera, es decir, metros cúbicos por hectárea, en el bosque natural, la legislación colombiana establece condiciones mínimas de error de muestreo a una probabilidad dada. En el caso de plantaciones, las normas no especifican sobre inventario o censo forestal alguno. Por lo tanto, en este caso el cálculo de las existencias debe ser una respuesta dada por los registros llevados durante la ejecución del plan de manejo de la plantación (**Tabla 10**).

**Tabla 10**

Costos de cálculo de existencias de madera en pie.

	Escenarios	
	Zona de baja pendiente	Zona de ladera
Por registros que se llevan al ejecutar el plan de manejo de la plantación.	0	0
Por inventario estadístico con máximo error de muestreo del 15% y 95% de probabilidad.	200 - 250	250 - 300
Por censo de individuos a cortar.	300 - 375	- 450

Nota. Costos de cálculo de existencia, en miles (000) de pesos (\$), por hectárea.

### 3.2. Selección de lotes a cosechar

Entre las diferentes variables que inciden en la decisión de cosechar un lote, o rodal, o unidad de corta, se tienen la productividad, cercanía a las vías, los menores riesgos y la tecnología a emplear (**Tabla 11**).

**Tabla 11**

Costos de la decisión de cortar un lote o rodal, de acuerdo con criterios de riesgo, existencia de madera y sistema de cosecha.

Costo de la decisión de cortar un lote o rodal, de acuerdo con criterios como:		Rendimientos mínimos y máximos		Costos mínimos y máximos en miles (000) de pesos (\$)
		Valores	Unidades	
- Existencias de madera en pie (según la especie)	- Área basal	25 - 35	m <sup>2</sup> / ha	60 - 100 /ha
	- Volumen comercial	100 - 150	m <sup>3</sup> / ha	
- Riesgos	- De enfermedades o plagas	≥ 20	% del área plantada	
	- De incendio forestal	Riesgos inminentes de incendio		
- La tecnología de extracción	- Arriería, camiones de baja capacidad de carga	> 15	ha	
	- Cable aéreo, arriería, camiones de baja capacidad de carga	15 - 25	ha	
	- Cables aéreos, tractor con pluma, camiones de alta capacidad	< 25	ha	

En el cuadro, se exponen casos extremos para una plantación, dado que un volumen de 150 metros cúbicos por hectárea no es muy deseable al momento de una cosecha final. En el caso de un aprovechamiento forestal, los costos son más significativos, porque el volumen es significativamente inferior, llegando a situación de corta de hasta el 20% de las existencias totales de cada unidad de área.

### 3.3. Trazado de vías

El trazado de las vías o carreteras en el bosque natural requiere de los permisos ambientales de norma. En las plantaciones forestales, la construcción de vías, puentes y alcantarillas, son actividades que se deben contemplar desde el Plan de Establecimiento y Manejo Forestal (PEMF), Decreto 2398 (2019, art. 2.3.3.1.7.); por lo tanto, es de esperar que se cuente con un manual de procedimiento que indique cómo afrontar la presencia de cárcavas, deslizamientos, derrumbes y demás afectaciones ambientales. Como lo plantea Parra-Sánchez (1999) y Leal & Amílcar-López (2011), es recomendable un eficiente diseño donde no se llegué a una alta densidad de vías (kilómetros de vía por unidad de área), tanto por los costos como por la afectación ambiental (**Tabla 12**).

#### Fotografía 48



Luis Alfredo Lozano B. (2023).

Obra: Ubicación de un punto georreferenciado para el trazado de una vía. Guajira.

**Tabla 12**

Costos mínimos y máximos en trazado de caminos forestales, según condiciones de topografía y sistemas de operaciones.

Trazado de acuerdo con criterios como:	Rendimientos mínimos y máximos		Costos mínimos y máximos en miles (000) de pesos (\$)
- Patios, puntos, centros o canchas de acopio. Las vías conectan los puntos de acopio.	Patios distanciados <b>entre 150 - 300 metros</b> ; de preferencia rectangulares. De tamaño acorde con el área de influencia.	7 unid. / 50 ha.	10,000 - 40,000 / patio
- Drenajes, quebradas, ríos, humedales, lagunas; procurando no tener que cruzar estos cuerpos de agua.	Construcción de puentes.	2 - 3 unid. / 50 ha.	12,000 - 24,000 / unidad
	Construcción de drenajes.	2 - 4 km. / 50 ha.	1,600 - 9,000 / km
	Construcción de alcantarillas.	7 unid. / 50 ha.	2,500 - 5,000 / unidad



Trazado de acuerdo con criterios como:	Rendimientos mínimos y máximos		Costos mínimos y máximos en miles (000) de pesos (\$)	
- Vías, de acuerdo con: • Fragilidad del suelo, pendientes, forma de ladera, características del suelo.	Zona de baja pendiente	densidad de carreteras	40 - 80 m / ha.	25,000 - 50,000 / km
		para el mantenimiento	40 - 80 m / ha.	1,500 -2,800/ km
• El ancho de la vía es de 5-6 metros.	Zona de ladera	densidad de carreteras	20 - 120 m / ha.	40,000 - 120,000/ km
• El radio horizontal de giro mínimo es de 12 metros.		para el mantenimiento	20 - 120 m / ha.	2,000 - 4,000/ km
• La pendiente máxima es de 12%.				
• La pendiente máxima, debe ser utilizada entramos cortos, de hasta 70 metros.				

### 3.4. Sistemas de cosecha

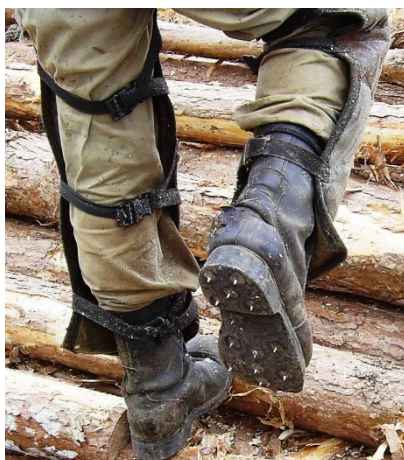
Es una operación donde debe primar la seguridad industrial. La actividad se calcula para ser pagada por producción o destajo. Es clave calcular el costo de inversión de la máquina, la operación y el mantenimiento de equipos; igual la indumentaria del operario (**Tabla 13**).

**Tabla 13**

Costos mínimos y máximos para sistema de cosecha de acuerdo con criterios de operación.

Sistema de cosecha de acuerdo con criterios como:	Rendimientos mínimos y máximos	Costos mínimos y máximos en miles (000) de pesos (\$)
- Con motosierra STHIL 0,60 y espada de 0,60 metros. Se paga por producción o destajo. Otra posibilidad es por m <sup>3</sup> o por tonelada, e incluye máquina y mantenimiento.	15 - 25 m <sup>3</sup> /hombre /día	10,0 - 16,8/ m <sup>3</sup>

**Fotografía 49**



Luis Alfredo Lozano B. (2010).

Obra: Dotación para el trabajo seguro en patio de acopio. Tocota - Valle del Cauca.

### 3.5. Sistemas de extracción

Los costos de operación y mantenimiento se consideran en tres escenarios:

- Extracción con arriería (caballos, mulas, bueyes, búfalos) hasta 500 metros y carga por animal no mayor a 160 kg. Promedio de 250 metros de recorrido, y 6 - 7 viajes por día.

- Extracción con cables aéreos.
- Extracción con tobogán, para distancias hasta de 200 metros, y trozas con diámetro menor a 30 centímetros.

### Fotografía 50



Luis Alfredo Lozano B. (2010).

Obra: *Labores en patio de acopio. Tocota - Valle del Cauca.*

Extracción con arriería (caballos, mulas, bueyes, búfalos) hasta 500 metros y carga por animal no mayor a 160 kg. Promedio de 250 metros de recorrido, y 6 - 7 viajes por día (**Tabla 14, 15 y 16**).

**Tabla 14**

Costos mínimos y máximos de extracción de acuerdo con sistemas de extracción.

Costos de acuerdo con criterios como:	Rendimientos mínimos y máximos	Costos mínimos y máximos en miles (000) de pesos (\$)
- Un arriero y de 3 a 5 - 7 animales de tiro, más asistencia técnica a los animales.	3 - 5 m <sup>3</sup> / arriero / día	52,5 - 75/ m <sup>3</sup>
- Para 250 metros, con 6 - 7 animales.	8 -10 m <sup>3</sup> / arriero / día	36 - 42,5/ m <sup>3</sup>
	- arriero:	16,0 - 29,5 / m <sup>3</sup> 1,3 s.m.m.l.v. / mes
	- ayudante:	13,5 - 25,5/ m <sup>3</sup> 1,1 s.m.m.l.v. / mes
	- asistencia:	1,2 - 2,2/m <sup>3</sup>
	- animal:	0,5 - 1,0 s.m.m.l.v. / mes

**Tabla 15**

Costos mínimos y máximos de extracción de acuerdo con sistemas de extracción con cables aéreos.

Costos de acuerdo con criterios como:	Rendimientos mínimos y máximos	Costos mínimos y máximos en miles (000) de pesos (\$)
- Dos operarios del cable, dos a tres estrobadores, distancia entre 250 - 1000 metros, según el sistema de cable utilizado. La vida útil del cable es de un año, y del winche de hasta 10 años.	15 - 30 m <sup>3</sup> / día	40 - 45/ m <sup>3</sup>
		- Operario: 2,5 - 5,1/ m <sup>3</sup> 1,3 s.m.m.l.v. / mes
		- Estrobador: 2,4 - 4,4/ m <sup>3</sup> 1,1 s.m.m.l.v. / mes
		- Equipo de cable aéreo: 10,5 - 14,5/ m <sup>3</sup>
		- Depreciación el equipo: 10,5 - 13,5/ m <sup>3</sup>

COSTO DEL SISTEMA KOLLER		
- Valor del equipo	400 - 650	millones de \$
- Distancia de transporte	500 - 800	m
- Capacidad de carga	1000	kg.
- Productividad al día	30	ton
- Operación del equipo	11000	\$ / ton
- Depreciación	11000	\$ / ton

Nota. Extracción con cables aéreos.

### Tabla 16

Costos mínimos y máximos de extracción de acuerdo con sistemas de extracción con tobogán.

Costos de acuerdo con criterios como:	Rendimientos mínimos y máximos	Costos mínimos y máximos en miles (000) de pesos (\$)
- Construidos en fibra de vidrio y operado por tres personas: Un operario y dos estrobadores. Se debe incluir la depreciación del tobogán. - Útil en madera de baja dimensión.	4 - 9 m <sup>3</sup> / día	40 - 46/ m <sup>3</sup>
		- operario: 2,5 - 5,1/ m <sup>3</sup> 1,3 s.m.m.l.v. / mes
		- estrobador: 2,4 - 4,4/ m <sup>3</sup> 1,1 s.m.m.l.v. / mes

Nota. Extracción con tobogán, para distancias hasta de 200 metros, y trozas con diámetro menor a 30 centímetros.

### **3.6. Sistemas de cargue y descargue**

Los costos se diferencian entre el manual y el mecanizado (**Tabla 17 y 18**).

#### **Fotografía 51**



Luis Alfredo Lozano B. (2010).  
Obra: *Labores cargue a patio*.

**Fotografía 52**



Luis Alfredo Lozano B. (2011).

Obra: Labores cargue a tractocamión con maquinaria forestal. Municipio Armenia - Quindío.

**Tabla 17**

Costos mínimos y máximos de cargue manual a esfuerzo humano; con cargas que no deben superar los 80 Kilogramos.

Costos de acuerdo con criterios como:	Rendimientos mínimos y máximos	Costos mínimos y máximos en miles (000) de pesos (\$)
- Se calcula por trabajador y puede ser apoyado por polipastos o por balancines o eslingas.	8 -16 m <sup>3</sup> / día	4,3 - 8,0 / m <sup>3</sup>



**Tabla 18**

Costos mínimos y máximos de cargue con tractor forestal.

Costos de acuerdo con criterios como:	Rendimientos mínimos y máximos	Costos mínimos y máximos en miles (000) de pesos (\$)
- Un operador, en distancias que no superan los 100 metros, reportándose como óptimo 25 metros (en patio de acopio).	51 - 90 m <sup>3</sup> / día	1,0 - 1,5/ m <sup>3</sup> / hombre
		10,25 - 10,60/ m <sup>3</sup>
		- Valor del equipo      360 - 600 millones de \$
		- Distancia de transporte      100 m
		- Capacidad carga      500 kg.
		- Productividad día      35 - 30 ton
		- Operación de equipo      23 \$/ton
		- Depreciación      23 \$/ton

Nota. Con tractor forestal. Caso Tractor Bell.

### 3.7. Transporte mayor

En camiones de 20 - 40 toneladas de carga, y recorridos no mayores a 100 kilómetros (**Tabla 19**).

**Tabla 19**

Costos mínimos y máximos de transporte mayor con camiones C2 y C3.

Costos de acuerdo con criterios como:	Rendimientos mínimos y máximos	Costos mínimos y máximos en miles (000) de pesos (\$)
- Se paga por “viaje” de carga, y se incluyen todos los costos directos e indirectos de esta actividad (combustible, seguros, peajes, operarios, mantenimiento, entre otros).	Por la variación del Contenido de Humedad de la madera, el transporte se tranza o negocia por “viaje”, y no por tonelada.	13 - 22 / m <sup>3</sup> (Se equivale a la tonelada)

En el Sistema de Información de Costos Eficientes para el Transporte Automotor de Carga (SICE-TAC), del Ministerio de Transporte (2023), se encuentra información que permite medir o calcular los costos de la operación de transporte de acuerdo a las características propias de cada viaje: tipo de vehículo, tipo de carga, origen/destino, horas estimadas de espera, cargue y descargue.

### Fotografía 53



Luis Alfredo Lozano B. (2018).

Obra: *Transporte mayor con tractocamión. Vía Buenaventura - Armenia.*

### 3.8. Campamento de operaciones en el bosque

El campamento es un sitio para el trabajo digno, reducir impactos y dirigir operaciones. Los costos se presentan en la **Tabla 20**.

**Tabla 20**

Costos mínimos y máximos de instalación de campamento para el trabajo.

De acuerdo con criterios como:	Rendimientos mínimos y máximos	Costos mínimos y máximos en miles (000) de pesos (\$)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- En el área del campamento se ubica el cuarto de herramientas, el restaurante, el vestier, el depósito de agua potable, el sitio de aseo, la letrina, el espacio para los combustibles y el parqueadero.</li> <li>- El campamento será temporal y puede ser construido con materiales del bosque, o con materiales sintéticos como carpas plásticas.</li> <li>- Es importante tener en cuenta que las carpas portátiles pueden tener una vida útil de 4 años, y que un campamento puede costar de 5 a 6 millones de pesos, más el mantenimiento, y se pueden depreciar en los 4 años.</li> </ul>	<p>1 unidad por cada frente de trabajo</p>	<p>0.3 - 0.6/m<sup>3</sup></p>

## Fotografía 54



Luis Alfredo Lozano B. (2010).

Obra: Campamento dotado con carpas para trabajos forestales transitorios.

### 3.9. Costos de administración

Este costo hace referencia a los causados por el control y supervisión de actividades, pago de servicios públicos y de comunicación, e incluyen, en el caso del bosque natural, los pagos tasas, salvoconductos, supervisión de las CAR's u otra entidad oficial. Estos costos son variables y se estiman como un porcentaje del proyecto entre un 5 - 15% del proyecto.

En este final del ejercicio, se tiene que la planificación y la puesta en marcha de la o las cosechas, cortas o aprovechamiento forestal, en general, es quizá lo que demanda mayores esfuerzos de logística. Esto se atribuye a factores críticos como las pendientes del terreno, las características de los suelos, las condiciones climáticas, el talento humano, la tecnología, los flujos de caja, la oferta de madera, los núcleos de mercado y hasta el orden público. En varios de estos factores, su condición crítica no solo obedece a la naturaleza, sino a niveles de información, que van desde la inexistencia, pasando por restringidos o de escalas muy amplias, con los que difícilmente se pueden tomar decisiones de mínimo riesgo o error.

Por fortuna, ya son pocas las empresas que no cuentan con un sistema de información geográfica que conduzca a una silvicultura de precisión. Las que no lo tienen, asumen sobrecostos y aminoran la competitividad.

En el caso del aprovechamiento forestal del bosque natural, por ser de condición persistente y, por ello, limitado el corte en volumen, se ha observado que, al pretender un equilibrio entre costos y beneficios, se aminoran los pagos laborales, y entonces es evidente que los trabajadores carecen de seguridad social y hasta de una paga legal, en detrimento de todo lo que esto conlleva. Por el contrario, en las cosechas de las plantaciones comerciales, por su mayor volumen de corta y consecuente beneficio, las empresas muestran cumplir con los requisitos de ley; sus trabajadores cuentan con indumentaria y equipos apropiados, e inclusive con algunas prebendas adicionales a su salario, especialmente en especie y en bienestar.

## Capítulo IV

# Presentación de caso aprovechamiento forestal en el Eje Cafetero colombiano

Harvey Cépedes Torres  
Empresa Asfores S.A.S.

### Fotografía 55



Luis Alfredo Lozano B. (2016).  
*Obra: Trabajo forestal en patio.*

## **4.1. Introducción**

Este capítulo ha sido considerado, porque sirve para exponer la experiencia de más de dos décadas continuas en el desarrollo de la cosecha de productos del bosque plantado en el contexto geográfico y social de la cultura cafetera. El proyecto fue desarrollado por la empresa de responsabilidad limitada Asfores Ltda., hoy Asfores S.A.S., empresa de servicios forestales establecida en el Eje Cafetero, la cual ejercía oficios en la elaboración de planes de manejo y de cosecha forestal a diversas escalas, acordes al tamaño del bosque, entre pequeños, medianos y grandes propietarios, con una variedad de topografía, clima, red vial, entre otros factores que implican diferentes escenarios para la toma de decisiones en el marco de la ingeniería del aprovechamiento forestal.

En esta experiencia, con énfasis en condiciones de ladera, se resalta la integración de diferentes áreas plantadas, distantes entre sí, y el cumplimiento de fases previas para dar un punto de partida a las tareas, permisos, procesos, entregas, y en general, otras particularidades como el manejo de personal, herramientas, equipos, roles, entre otros más.

Desde lo conceptual, se considera oportuno comenzar por la definición simple de un ecosistema forestal, como aquellas zonas de paisaje dominado por árboles y que consisten en comunidades biológicamente integradas de plantas, animales, microorganismos, que, junto con los suelos locales y el clima, interactúan en parsimonia condescendiendo a un flujo de relaciones inter e intraespecíficas de energía. En este contexto, la tarea del aprovechamiento forestal, en bosque natural o plantaciones comerciales, no solo es la obtención de productos de los ecosistemas para ser llevados a plantas de transformación, sino que, se suma el manejo para la conservación, la protección y la recuperación del mismo ecosistema. En esta última labor, es importante considerar áreas de protección como bosques circundantes a ríos o quebradas.

Un orden, este capítulo se divide en los siguientes apartes o secciones:

**Sección A:** Sitio.

**Sección B:** Extracción (transporte de la madera).



**Sección C:** Vías y vehículos de transporte.

**Sección D:** Planeación de la cosecha.

- Recurso bosque.
- Presupuestos.
- Talento humano.
- Garantía de buenas prácticas.

**Sección E:** Cosecha.

## **4.2. Sitio**

Para planear una cosecha forestal, se inicia con una caracterización del sitio, sus elementos geográficos y los de temporalidad climática e hidrográfica. El sitio, en escala de apreciación, es de importancia porque:

- Condiciona los límites de valor y de costos del aprovechamiento forestal.
- Su caracterización es requisito indispensable para estar dentro de la reglamentación existente.
- Para mantener una alta eficiencia en el desarrollo del aprovechamiento, así como en su manejo, seguimiento y control.
- Cumplir con el deber de ser de utilidad pública y de interés social.

Con la caracterización del sitio se llega a detallar puntos con asignaciones de actividad principales como el patio de extracción, el patio de acopio, el área de bienestar, la zona de cargue, las zonas de transformación de subproductos (trozas, viguetas, distribución de equipos de aserríos in situ), el área neta de producción, las pendientes de trazos en el terreno, las alternativas de sistemas de operación, el mapa de dirección cosecha, etcétera.

Para la caracterización del sitio, el uso de cartografía se constituye en una parte dinámica y estructural del proyecto. Esta cartografía evita esfuerzos inútiles para el seguimiento, estimación, toma de decisiones; permite comprender los “¿por qué?” de la producción y los tiempos y movimientos; determina cambios en la operación y ayuda a involucrar equipos de cosecha y de trabajo. Por lo que, hoy es importante aplicar las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

En la planeación del aprovechamiento, generalmente a los predios se les divide en áreas de manejo llamados lotes, con unidad de medida en hectáreas. En otros lugares se les llaman rodales o unidades corta. En el marco de este capítulo, la generalidad es que los lotes sean de doce (12 ha), dentro de las cuales, en tiempos determinados, como un mes, por ejemplo, los grupos de operarios alcanzan los rendimientos estimados de producción, incluyendo tiempos de instalación de equipos, tiempos estándar o productivos y tiempos improductivos.

Retomando al área de los lotes, esta no varía significativamente por pendientes y son delimitadas principalmente por puntos de arcifinio o linderos naturales o cualquier elemento que impidan confusión. A estos lotes se le asigna códigos que comprenden:

- Un nombre alfabético, numérico o alfanumérico.
- Ubicación georreferenciada.
- Área en hectáreas.
- Acceso.
- Áreas especiales: infraestructura eléctrica, de comunicación, acueductos, viviendas, etc.
- Geomorfología.
- Geología.
- Drenajes (drenaje superficial).

- Suelos. Uso actual del suelo, áreas especiales, erosión, capacidad de uso.
- Detalle de cambio de pendientes.
- Distancias con los obstáculos naturales o artificiales y marcación de individuos de interés cultural y silvicultural.

En la cosecha o aprovechamiento, se diferencian sitios para diferentes labores:

Los hay para dimensionar trozas, o para dar manejo al fuste completo, o de fuste en fuste, de pila de ellos, de subproductos para transformación inmediata y muchas otras labores que se presentan en el transcurrir de la cosecha. Por ello, es necesario el conocimiento y la experiencia para aplicar metodologías ensayadas o con aplicabilidad de principios de la física clásica para lograr controlar, en especial, los efectos de la gravedad.

En los sitios con planos inclinados, se requiere el uso de palancas, grúas, toboganes, manilas, equipos combinados de motor y tambor (winches), cables, cadenas, marcos de madera metálicos o sintéticos; extracción por arrastre, semi o totalmente suspendido; carretas, grapas, ganchos, estobos, conos de madereo, malacates, carretas de palanca o arcos de madereo, poleas, polipastos, diferenciales, trineo, travesaños para la vía de saca; extracción con animales y hasta con esfuerzo humano, ingeniosos todos, utilizando equipos elaborados para lograr un aprovechamiento sustentable de la madera. En el caso de utilizar cables aéreos, el área del lote se distribuye acorde al largo y el ancho del corredor necesario para el equipo, porque se debe establecer una distancia a cada lado de arrastre lateral a la línea central o eje, generalmente de 30 metros, con posibilidad de accesos para diferentes actividades de seguimiento y control.

### Fotografía 56



Harvey Céspedes T. (2018).

*Obra: Instalación y anclaje de un tractor agrícola adaptado para labor forestal. Se observa el mástil de entrada y los intermedios (pasacables). Municipio de Salento - Vereda Boquía.*

Conexo a esto, en el sitio se debe considerar la reubicación de la fauna presente y hasta el diagnóstico del clima laboral con el estricto cumplimiento de implementos y normas de seguridad en los operarios en campo y las orientaciones prácticas a los grupos de trabajo.

En la **Tabla 21** se muestran detalles de los sistemas y los rendimientos esperados en la zona cafetera de Colombia en aprovechamiento desarrollado por la firma contratista Asfores S.A.S., en sitios de ladera.

**Tabla 21**

De acuerdo con las condiciones de pendiente del sitio, se muestran detalles de los sistemas y los rendimientos esperados en la zona cafetera de Colombia. Dato producción (ton/mes) por sistema, según condiciones de sitio.

Pendiente de terreno	Distancia máxima en metros	Sistema de operación	Características de un equipo	Rendimiento (ton/mes)
0 - 30%	300	Tradicional	Bueyes y equinos 160kg/5 viajes (boyada o recua de 5 animales)	90
	300 (100 m cable/ 3/8" en tambor)	Arrastre	Tractor + Winche	550
≥ 30%	300 - 600	Cable	Winche Trineo y torres madereo Cuesta arriba	650 - 1000
	800	Cable	Winche Trineo Cuesta abajo	600
	700	Cable	Tractor + Carreto semi -automático	600

### 4.3. Extracción y transporte de la madera

El transporte interno, se presenta desde cualquier sitio del bosque hasta la orilla del mismo o patio de acopio, utilizando un carreteable. El transporte externo se presenta del sitio a orilla del carreteable, o patio de acopio, hasta los centros de transformación o recibo como aserrios, plantas de procesado, carpinterías, etcétera. El patio de acopio es un área despejada y disponible para arrumar madera y permitir el cargue de madera a los camiones. El transporte se describe de la siguiente manera:

#### **4.3.1. Interno**

Que se subdivide en tres operaciones:

- Extracción en el mismo bosque.
- Evacuación de patio de saca.
- Tareas de ordenamiento manual o mecanizado en patio de productos y de subproductos ya seleccionados.
- Cargue.

#### **4.3.2. Externo**

Que se subdivide o compone en dos situaciones:

- Flete mayor en diferentes vías: carretables, férreas o acuáticas.
- Transporte de personal.

El transporte interno se realiza con equipos de cosecha en distancias promedio 600 metros, con pendientes de terreno moderadas y altas (puede decirse que >15%). Los sistemas de cables se trabajan en forma radial y con corredores de 30 metros a cada lado de la línea de madereo. A los fustes se les realiza el volteo o derribo de manera direccionada, en espina de pescado a la misma línea de madereo, facilitando así el amarre y extracción. Los árboles son descopados y desramados en campo, dejando la biomasa repicada como fuente orgánica para los suelos.

La ejecución de estas tareas se realiza por la organización del trabajo en equipo entre personal operativo y administrativo, con la creación de un departamento más robusto de planeación y desarrollo, que en el caso de Asfores SAS, logró una capacidad instalada de nueve unidades productivas propias y apoyo de equipos del contratante en evacuación de patios con trineumáticos con grapa y cargue con grúas de brazo y grapa instaladas en chasis de un camión sencillo.

En el patio, sin dejar pilas altas, los fustes son acomodados. Si el patio no es suficiente o cercano, se recurre a construir sobreanchos a la orilla de la vía, para allí realizar labores de dimensionado y transformación, si fuese necesario. En los mismos sobreanchos son cargados los camiones con salida a patio de acopio a borde de carretera pavimentada o directo a la planta de transformación.

En el lote, luego de cortados, los fustes son amarrados uno a uno, con un elemento llamado estrobo, que en realidad es una guaya de diámetro 3/8 de pulgada y que en una punta lleva una argolla y en la otra un topín metálico, que se ajusta fácilmente a un candado que está inserto entre punta y punta y se acomoda al diámetro del fuste. La argolla es para ser enhebrada por el cable de arrastre.

### Fotografía 57



Harvet Céspedes T. (2023).

Obra: Detalle de un estrobo para extracción de madera utilizando un sistema de cable aéreo.

En un sistema de cables aéreos, el cable principal está suspendido entre lo más alto del mástil de fondo y el de cabeza. Este se encuentra ubicado cercano a la máquina torre, o al tractor, quienes a su vez están anclados en la parte alta y cercana a la vía forestal. Sobre el cable de la línea principal viaja el carrito de transporte de madera, generalmente subiendo lo cosechado. El carrito baja por gravedad y sube por la acción

de un cable o guaya denominado cable de arrastre que en la punta lleva una “T” metálica. Para esto, el cable de arrastre se desenrolla y enrolla dentro de un tambor dispuesto para ello en la torre o en el tractor. Muy usado también es un estrobo con gancho que realiza la sujeción con la presión de arrastre, siendo el desestrobado el que ocasiona demoras si se enreda o aprieta con otros troncos. Sin embargo, hoy en día existen estrobos, que con tecnología se logran desenganchar a control remoto. Al utilizar este sistema de cosecha, es común que uno de los operarios clave actúe como “el monitor de labores”, con capacitación en trazo de cables y vías, realice un recorrido previo por la zona para replantear en campo lo planeado en oficina. Una vez en el sitio determina las coordenadas geográficas y se localizan los puntos seleccionados previamente en la cartografía, entre otras cosas, considerando la visibilidad y amplitud del patio, disponibilidad para anclajes, espacio de acopio, y demás criterios que consideren apropiado en cada sitio. La marcación del punto es acorde con el sistema de cosecha y con los equipos con los que se dispongan o se vayan a utilizar.

Otro sistema de extracción es el tradicional o arriería, con resultados y aportes que pueden llegar a significar un 15% de la producción total. La logística entrelaza la propiedad de los animales, que es del arriero, con el manejo y cuidado de los mismos, logrando empatía en la relación laboral por acceso a la atención veterinaria, alimentación balanceada acorde a las jornadas y el descanso en pesebreras que contribuyen a la junta de los animales y, así, evitar daños por el libre transitar por el predio, zonas de protección y fuentes hídricas. Es un sistema apropiado cuando se presentan dificultades de extracción en los lotes por presencia de bosques protegidos, cañadas, acueductos, o porque el tamaño del lote lo hace de bajo rendimiento, debido a los tiempos de instalación y rendimientos de otros sistemas y equipos.



El transporte de madera desde el patio de acopio a los sitios de entrega, se realiza con un cargue manual o mecanizado, empleando un camión sencillo C2 (10 ton), dobletroque C3 (18 ton), cuatromanos C4 (28 ton) o tractomulas C3S1, C3S2 o C3S3 (35 ton).

### Fotografía 58



Harvey céspedes T. (2012).

Obra: Detalles complementarios al sistema tradicional por arriería. Se observan pesebreras.

### Fotografía 59



Harvey Céspedes T. (2012).

Obra: Detalles complementarios al sistema tradicional por arriería. Se observa revisión veterinaria.

## 4.4. Vías y vehículos de transporte

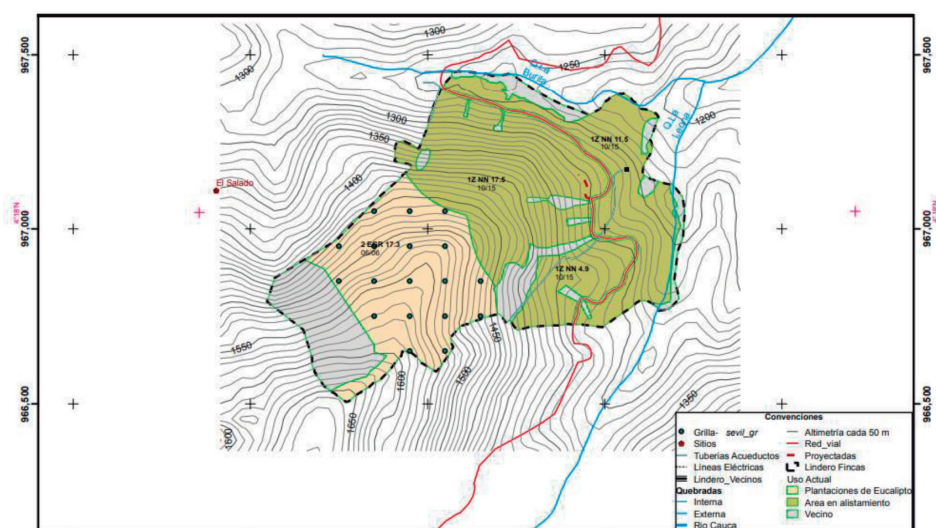
En el aprovechamiento, el transporte tiene que ver con la capacidad de desplazar la madera hasta donde se determina o valora la producción, llámese planta, deposito o carpintería. Hace parte del servicio de transporte de carga de la cadena de suministro. La actividad es fluctuante por como está planteado el pago. Comúnmente, este se realiza contra entrega de la carga a precio establecido por unidad. Por ejemplo, por tonelada medida en una báscula o, midiendo unidad por unidad de acuerdo a las características del producto: especie, pieza, troza, largos, etcétera. Esta condición final de entrega es determinante en el valor del aprovechamiento, y del negocio en general.

Las vías y su desarrollo es tema extenso. Es de mencionar, la importancia de este eslabón en la producción, porque según el desarrollo existente o el diseño que se realice, así mismo, se determina la planeación de equipos, de las instalaciones, de la dirección de extracción, se determina volúmenes de entrega, se contrata personal y se dispone la logística (**Figura 1**).

La vía o carretera forestal tiene su propia configuración y el propósito es facilitar el transcurrir de vehículos que transportan madera. Las especificaciones de diseño son propias y se salen de los estándares de las vías oficiales. De no existir la vía, se inicia un proceso de construcción de la misma, que de hecho compromete un costo importante en el presupuesto del aprovechamiento por valor de dichos movimientos. En este sentido, el tamaño y número de lotes y la cantidad de productos a extraer, será lo que justifique la construcción de vías y de patios de saca o de extracción.

### Figura 1

Recorte de mapa con propuesta de aprovechamiento. (El proyecto presenta imposibilidad de construir una vía interna por tamaño de predio, pendiente y afectación por ocupación del desarrollo. Se observa una vía pública que puede ser utilizada con restricción).

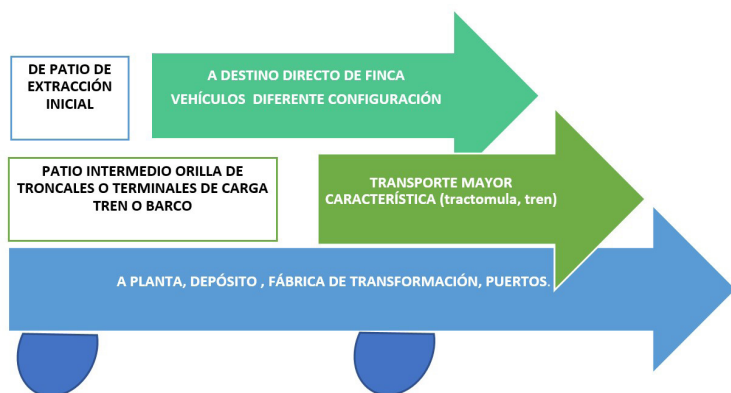


Fuente. Elaboración propia (2023).

La gestión de vehículos es parte de una historia que se resume en que es necesario crear una empresa aparte para ello. Asfores S.A.S. contó con diez unidades de camiones configurados o especial para cargue de madera y no logró permanecer en su propósito. La influencia de la oferta de vehículos, costos de insumos, reglamentación vial, costos ocultos, disponibilidad de horas luz para cargar, la ocupación parcial o total de la vía por un tiempo, el establecimiento del valor del flete condicionado a factores de oportunidad como el empleo de vehículos de mayor capacidad, los cuales realizan viajes de retorno vacíos, hacen de esta operación una actividad compleja (**Figura 2**).

## Figura 2

Elementos del transporte en el aprovechamiento forestal.



**Fuente.** Elaboración propia. (2023).

En el transporte de madera, los vehículos se encuentran en varias gamas de capacidad, siendo variables de selección los terrenos y las distancias a recorrer.

### Fotografía 60



Harvey Céspedes T. (2019).

Obra: Uso de camión sencillo (C2) en el transporte forestal.

### Fotografía 61



Luis Alfredo Lozano B. (2023).

Obra: Uso de camión con dos ejes direccionales o cuatro manos (C4) en el transporte forestal.

## **4.5. Planeación de la cosecha**

En esta planeación son cuatro los aspectos clave a considerar:

- El bosque.
- Presupuestos.
- Talento humano.
- Garantía de buenas prácticas.

### **4.5.1. El bosque**

En el bosque, se encuentran productos maderables y no maderables. En el bosque natural, los maderables están dados por especies arbóreas que alcanzan diámetros mayores a los 10 centímetros a la altura de los 1,30 metros medidos desde el suelo (DAP, Diámetro Altura del Pecho). Las Corporaciones Autónomas Regionales, acorde a la normatividad existente, otorgan autorizaciones o permisos, siempre y cuando se cumpla con los requisitos de: solicitante, sitio (ubicación, jurisdicción, linderos y superficie), régimen de propiedad, especies, volumen, cantidad o peso aproximado y uso que se pretende a dar a los productos, mapa a escala según extensión del predio (hoy no es exigible), y RUT (Registro Único Tributario).

A través de un inventario, se estima la cantidad de madera en unidades comerciales como pulgadas, toneladas o volumen (metros cúbicos). Se planea la cosecha buscando el rendimiento económico para los actores: propietario -prestador del servicio aprovechamiento- cliente (productos).

### **4.5.2. Presupuestos**

El valor de venta al cliente final de los productos del bosque genera el tope o límite para presupuestar el ejercicio:

Valor madera a cosechar:	Valor combinado de la tierra y los árboles.
Valor aprovechamiento:	Valor del servicio que incluye los costos de insumos, maquinaria, talento humano y costos indirectos para la extracción, hasta el punto siguiente de entrega, donde se mide la cantidad de producción final.
Valor flete:	Costo de traslado, generalmente es dado por la capacidad del transporte en peso por la distancia recorrida en kilómetros adicionando cargue y descargue.

Reducir los costos y los factores de riesgo son determinantes para la obtención de beneficios. Allí, es importante el análisis del punto de equilibrio donde los protagonistas del ejercicio, llámese empresa, construyen un presupuesto, generalmente en términos de curvas unitarias de ingresos y costos. Esto hay que tomarlo como tendencia, porque se incluyen unos supuestos y se aplican algunos factores de riesgo o de inseguridad.

Es común que los presupuestos de aprovechamiento se construyan con la estimación de unidades a producir durante un periodo determinado. Allí, es donde radica la suma de participación de diferentes ítems como el sitio, la importancia de los inventarios, del seguimiento a la producción, de planeación de cosechas, decisión de tipo de sistema, costos de insumos, control de tiempos, mantenimiento, pérdidas, costos ocultos, construcciones, y no dejar de lado, el talento humano que es un tema que amerita todo un capítulo. En la experiencia de Asfores S.A.S., un presupuesto de procesos operativos puede expresarse y presentarse por unidad de cosecha producida. Una aproximación a los costos se presenta en los siguientes *items*:

**4.5.2.1. Factor Salarial (F.S.) por labor.** En la Tabla 22, se enlistan factores de las labores de cosecha para presupuesto de la labor operativa en campo (este factor se multiplica por el valor del salario mínimo legal vigente como retribución por la labor efectuada).

**Tabla 22**

Factor salarial asignado a labores cosecha.

<b>LABOR</b>	<b>F.S.</b>
Tumba	2,5
Troceo	2,5
Descortezado	1,8
Arriería	1,8
Auxiliar descortezado	2,5
Operador	2,0
Evacuador	2,0
Instalador	3,0
Jefe línea	3,0
Despachador	2,0
Monitor	3,0
Supervisión	3,0



**4.5.2.2. Tipo de bosque.** Para el presupuesto, se hace referencia a la clasificación del “Tipo de Bosque” como el resultado de la evaluación de los crecimientos de los árboles en cada lote o entre los lotes, dado en área basal (AB) como unidad del diámetro cuadrático medio del árbol del rodal. En la técnica silvicultural es el equivalente a la denominación de “calidad de sitio”. En la **Tabla 23**, se indica una clasificación para cuatro tipos de bosque, teniendo en cuenta en la contratación de Asfores S.A.S. para ofertar sus servicios. Las cifras (ton/ha) son datos, estimando el volumen de un (1) m<sup>3</sup> como equivalente a una (1) tonelada. Los pesos en toneladas se predicen a partir del área basal promedio, multiplicado por un factor espacial de 0.48 (factor espacial comercial) y en la **Fotografía 62** se ilustra un lote de un rodal que puede estar en un tipo de bosque determinado.

**Tabla 23**

*Clasificación de cuatro tipos de bosque para volumen predictivo/ha en la empresa Asfores S.A.S.*

TIPO Bosque	AB promedio (m <sup>2</sup> )	DETALLE DE PRODUCCIÓN (ton/ha)
I	0.65	>350
II	0.57	201 a 350: 175
III	0.45	101 a 200: 150
IV	< 0.37	Afectado o < 100: 100

## Fotografía 62



Harvey Céspedes T. (2016).

Obra: Tipo de bosque IV. Rodal Eucalipto por afectación vendaval. Vereda Cumbarco. Municipio de Sevilla - Valle del Cauca.

**4.5.2.3. Producción o rendimiento esperado según sea la capacidad instalada, el tiempo, el tipo de bosque y los inventarios precosecha.** En un presupuesto de aprovechamiento forestal, uno de sus indicadores es el rendimiento de la capacidad instalada. Sin duda, este rendimiento es construido a partir de la capacitación y la destreza del equipo humano, así como de su asignación de factor salarial y de las necesidades en los costos indirectos, como es la logística. De hecho, este concepto de capacidad instalada soporta el de aprovechamiento forestal, en el sentido de ir más allá de un par de actividades, y es comprender que no solo es un inventario forestal ni la sola tala de los árboles. La tala se encarga de surtir la producción, pero la medición del rendimiento incluye otras variables, donde al final no solo estará el equipo humano de campo, sino también las personas encargadas de la ofimática y la administración. Un ejemplo de cálculo de rendimiento por capacidad instalada es como se expone en la **Tabla 24**.

**Tabla 24**

Ejemplo comparativo rendimiento por capacidad instalada dos sitios. Tipo de bosque II y Tipo de bosque I.

Sitio A:	Identificado como: Rodal 50
Área productiva:	40 ha
Inventario precosecha:	180 ton/ha o un total de 7200 toneladas (180 * 40 = 7.200)
Sistemas:	Tradicional y cables (Tractor + Carreto Koller TAK - 2 equipos)
Tipo de bosque	II (175 ton/ ha)

Labor	Personas por labor	ton. esperadas/mes	ton. reales/mes
Motosierrero	3	1800	1500
Arriería	6	540	360
Operador TAK	2	1200	900
Estrobador	6	1200	
Supervisor	1	1200	
Despachador	1	1800	
Vigía SO	1	1800	
Jefe de Línea	1	1800	
SUMA	21 <sub>Nota 1</sub>	1740 <sub>Nota 2</sub>	1260 <sub>Nota 3</sub>
Rendimiento <sub>Nota 4</sub>	60 ton/hombre		

\* Es la suma de todo el equipo humano que interviene en el campo. Este número está en relación con la producción estimada.

\*\* 1740 es la producción esperada. Estará afectada por variables internas y externas al proceso, como la pendiente del terreno, las distancias, el clima, el talento de los operarios, el manejo de los animales y de la maquinaria.

\*\*\* La producción real no se calcula por lo apeado por el motosierrero. La producción se calcula como la suma de lo que se extrae o saca al patio, tanto por la arriería como por el tractor forestal:  $360 + 900 = 1260$ .

\*\*\*\* El rendimiento se calcula por la división en la producción real y el número de personas que interviene en el campo:  $1260 \div 21 = 60$ .

Sitio B:	Identificado como: Rodal 60
Área productiva:	20 ha
Inventario precosecha:	430 ton/ha o un total de 8600 toneladas ( $430 \times 20 = 8600$ )
Sistemas:	Cables (Tractor + Carreto Koller TAK - 2 equipos)
Tipo de bosque:	I (350 ton/ ha)

Labor	Personas por labor	ton. esperadas/mes	ton. Reales /mes
Motosierrero	3	1.400	1700
Operador TAK	2	1.400	1.680
Estrobador	6		
Supervisor	1		
Despachador	1		
Vigía SO	1		
Jefe de Línea	1		
SUMA *	15	1.400 **	1.680 *** <sub>3</sub>
Rendimiento ****	112 ton/hombre		

\* Es la suma de todo el equipo humano que interviene en el campo. Este número está en relación con la producción estimada.

\*\* 1400 es la producción esperada. Estará afectada por variables internas y externas al proceso, como la pendiente del terreno, las distancias, el clima, el talento de los operarios, el manejo de los animales y de la maquinaria.

\*\*\* La producción real no se calcula por lo apeado por el motosierrero. La producción se calcula como la suma de lo que se extrae o saca al patio por el tractor forestal: 1680.

\*\*\*\* El rendimiento se calcula por la división en la producción real y el número de personas que interviene en el campo:  $1680 \div 15 = 112$ .

Para el presupuesto, teniendo los dos sitios de ejemplo, aún se tendría que ponderar las diferentes cantidades para consolidar el costo, como se explica a continuación.

**4.5.2.4. Consolidación de costos de servicio por unidad y por sistema de cosecha.** A los costos operativos se suman los de:

- Sumatoria del costo directo del personal o subtotal del salario.
  - Los aportes de la seguridad social.
  - Los parafiscales.
  - Las liquidaciones de Ley de Cesantías, interés a las cesantías, primas y vacaciones.
- La sumatoria de costos no salario, como son:
  - Máquinas y equipos (motosierra y elementos cuñas, hacha, etcétera).
  - Combustibles y lubricantes.
  - Alquiler equipo.
  - Alquiler de animales y de potreros.
  - Auxilios de alimentación.
  - Jornadas diversas de capacitaciones integrales y de bienestar.
  - Logísticos por unidad y duración (carpas, radios, botiquín, baterías, letrinas, tanques de agua).

Volumen estimado unitario por sistema de aprovechamiento. Es particular a cada tipo de bosque y es el resultado inicial del inventario forestal. Su variación deberá estar acorde con los niveles de confianza de la metodología estadística implementada.

**4.5.2.5. Cronograma.** Lo constituye la planificación al largo, mediano y corto plazo. Se termina con el plan operativo donde se describe cada actividad, con sus recursos y resultados esperados. Este cronograma es interdependiente con el presupuesto, porque es la forma de definir los flujos de caja.

**4.5.2.6. A.U.I. Administración, Utilidad e Imprevistos.** Es también entendido como el costo del riesgo del proyecto. En la mayoría de los casos se asume como un porcentaje de la escala y del costo total del proyecto.

**4.5.2.7. Consolidar tabla final.** Cálculo de la oferta por cantidad de unidades por hectárea y por productos. Como se ha descrito, el proceso del aprovechamiento forestal, depende de una buena cantidad de variables y, por esto mismo, no es fácil estandarizar un costo por unidad de producción.

En este sentido, muchos aprovechamientos de pequeños propietarios que solicitan permiso para sus predios y cosechar sus árboles, elaboran sus presupuestos con la información que se puede sintetizar en la **Tabla 25**.

**Tabla 25**

Presupuesto base para pequeños aprovechamientos forestales, en pesos colombianos (COP, año 2023).

Ítem	Detalle
Precio de compra de la madera en el depósito	Acorde a producto. Generalmente es por la unidad en pulgadas. Ejemplos: Pulgada de la especie Nogal, con una longitud de 3,05 metros es de \$1.200 Pulgada de la especie Eucalipto con una longitud de 3,05 metros es de \$800
Precio del árbol en pie	Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), para 30 centímetros: \$200.000 a \$240.000
Pulgadas por m <sup>3</sup>	516 unidades
Dimensión pieza	10 cm x 10 cm x 3.05 m
Factor espacial	Volumen de camión (Alto x Ancho plataforma x Largo) x 0.48
Fletes	Entre 30 y 35 km /Viaje, a \$250.000
Cargue o descargue	\$80.000

Nota. Los precios también dependen de la distancia al punto de consumo.

Existen contrataciones de cosechas tipo “llave en mano”, muchas veces dirigidas al cambio de uso del suelo, que dan un valor arbitrario a la actividad, y que no son del tema a tratar.

#### 4.6. Talento humano

Es la más importante de las variables, porque la actividad se desarrolla en el sector rural, con características muy particulares del personal. Lo forestal es diferente a lo agrícola; las relaciones contractuales, las capacitaciones técnicas, la organización del trabajo, la seguridad y el despliegue de procedimientos para la realización de cada tarea (partiendo desde el árbol, centro de nuestro aprovechamiento, es generador de accidentalidad que puede llegar a la fatalidad), la ergonomía, la distribución espacial del personal, el diario acontecer genera reubicación permanente, y dichos cambios, deben de estar debidamente entrenados y aprendidos.



El reclutamiento de personal, la inducción, la necesidad de crear hábitos, el trabajo en equipo, el uso de herramientas indispensables de organización, el aprender constante, son despliegues administrativos que llegan a ser trabajos que se siente como tiempo completo, 24 horas, siete días a la semana (24/7), para mantener indicadores de cumplimiento exigentes en el sector forestal y ambiental en el que se desarrolla.

Al final, para cada operario, los logros con eficacia y con eficiencia conllevan el beneficio propio y de su equipo, porque el pago del trabajo viene dado por unidad producida o rendimiento. En estas actividades ya muy poco o nada se emplea el pago por horario y calendario.

#### **4.7. Garantía de buenas prácticas**

Por las vocaciones de los propietarios de terrenos, con frecuencia y de manera errónea, los bosques son vistos como no aportantes o que no generan una retribución económica, justificando su tala y deforestación, haciendo caso omiso de los lineamientos normativos sobre la persistencia de los bosques naturales, así como de los modelos de manejo, siguiendo técnicas silviculturales apropiadas. La actividad de aprovechamiento, al realizarse de manera considerada como sostenible, es un verdadero y tangible potencial económico, de disminución de presión de los bosques naturales y contribuirían a la conservación de ecosistemas naturales en las grandes zonas de Colombia. Por ello, se insiste en disponer de la información del recurso a intervenir (zonas de protección, áreas frágiles, red hídrica, de material cartográfico); utilización de herramientas adecuadas que puedan afectar negativamente franjas remanentes; tala o volteo dirigido; evaluaciones permanentes; manejo de labores para mejoras de vías como son podas, senderos para evitar incendios; corredores definidos para facilitar el normal movimiento de la fauna de la zona entre las prácticas que se llevan a cabo.

Los ejemplos de buen manejo y aprecio por la conservación del bosque, también abundan. Desarrollando labores de aprovechamiento en los predios Siria y Potosí, en el municipio de Roncesvalles, vereda Santa Elena, existe internamente un área forestal que enorgullece a sus propietarios y le brindan protección a un Robledal de diámetros mayores a un metro y

la cantidad de individuos sobrepasan las 100 unidades. El plan de cortas de la plantación y el desarrollo de las tareas contempla primeramente la conservación de dichos rodales.

En Sogamoso, Paz del Río, en recorrido por las plantaciones de Eucalipto (Proyecto de las Acerías Paz del Río), se encuentran áreas de cultivo en las áreas mineras. Son un proyecto que favorece a sus predios; les añade valor, mientras es hora de trasladarlo del sustrato a las plantas de producción. Este cultivo, adiciona material vegetal para durmientes, postes, pilotes, leña y madera para plantas de pulpa y tableros en la zona y aserriós de la capital.

A otras empresas, como la planta pulpera de Yumbo, al cosechar sus plantaciones forestales se deben estricto cumplimiento a los manuales de procedimientos, respetando las técnicas forestales y los principios de la certificación de buen manejo forestal como es el caso de la Forest Stewardship Council (FSC), además de su política de seguridad y salud ocupacional. Todo indica que, al estar certificados bajo dichos criterios, realizan en lo operativo, buenas prácticas ambientales.

## **4.8. Cosecha**

### **4.8.1. Generalidades**

La cosecha de árboles requiere de información del lote (rodal), las tripulaciones de producción y acorde al sistema, los equipos y/o animales, además de la logística de apoyo. Es necesario, adicionalmente, conocer en qué unidades y en qué precisión se entrega la producción. Se presentan casos en los cuales se obtienen mediciones directas con cinta métrica o peso en báscula, con estimaciones utilizando ecuaciones o fórmulas y otras con factores de conversión. La realización del aprovechamiento como un procedimiento, permite darle seguimiento y crear más sistemas de gestión para la mejora.

#### 4.8.2. Algunas unidades de uso común en el aprovechamiento forestal

VOLUMEN POR TIPO DENDROMÉTRICO HUBER

$$V = \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot L \cdot (Dm^2) \quad \text{Ecuación 1}$$

Siendo,

L: Largo de troza.

Dm: diámetro medido a la mitad de la longitud de la troza.

VOLUMEN POR TIPO DENDROMÉTRICO SMALIAN

$$V = \left(\frac{\pi}{8}\right) \cdot L \cdot (Ds^2 + Di^2) \quad \text{Ecuación 2}$$

Siendo,

L: Largo troza.

Ds: Diámetro medido en la seccion superior de la troza.

Di: Diámetro medido en la seccion de la base de la troza.

DENSIDAD DE ÁRBOLES EN LA PLANTACIÓN

Hectárea (ha) siembra 3 m x 3 m = 1.111 ÁRBOLES TOTALES

Cantidad mínima de árboles para obtener entre 25 a 35 m<sup>2</sup> de AB/ha con cuatro DAP diferentes.

DAP (m)	AB (m <sup>2</sup> )	Número de árboles/ hectárea
0.25	25	1020
0.30	25	700
0.35	25	520
0.40	25	400

DAP (m)	AB (m <sup>2</sup> )	Número de árboles/ hectárea
0.29	35	1060
0.30	35	990
0.35	35	730
0.40	35	560

VOLUMEN EN GENERAL EN m<sup>3</sup>

Ancho (A) x Alto (h) x Largo de trozas (L) (rollizas) x Factor espacial (F.e) (0.48) **Ecuación 3**  
(A x h x L) x F.e

METRO CÚBICO ESTÉREO

Se asimila m<sup>3</sup> a una TONELADA (ton): **Ecuación 4**  
1 m ancho x 1 m alto x 1.8 m largo.  
(Es muy utilizado en madera para plantas de pulpa y papel).

#### 4.8.3. Algunos sistemas de cosecha utilizados

Hay variados sistemas o métodos de cosecha para la obtención de las diferentes maderas que se obtienen del bosque. En la **Tabla 26** se ilustran algunos de los sistemas utilizados en la zona cafetera.

**Tabla 26**

Algunos de los sistemas de cosecha forestal utilizados en la zona cafetera.

<b>TRADICIONAL</b>	ARRIERÍA. Arrieros con equinos.  Hay realización de cosechas en linderos y en áreas despeje de vías donde el movimiento lo realizan persona al hombre.
<b>ARRASTRE</b>	EQUIPOS CON WINCHE O GRAPA. Las líneas de extracción van a baja altura, recogiendo un cable en un tambor y, luego, el equipo con la carga y por su propia locomoción se traslada a las orillas de vía.  Hay equipos que por rodaje especial entran a los rodales y con autocargado salen del interior a los patios de acopio.
<b>AÉREO</b>	USO DE CABLES. Los cables son la vía de carretos mecánicos, semi y automáticos que con una fuente de fuerza permiten que una guaya vaya y venga, trayendo el carreto después de amarrar la carga, y la lleven a patios. Torres, diferentes configuraciones dados generalmente por el alcance y carga, con motor estacionario o con equipo automotor (tractor o vehículo tipo pesado).

**Fotografía 63**



Harvey Céspedes T. (2019).

Obra: Borde carretera utilizado como patio de extracción.

### Fotografía 64



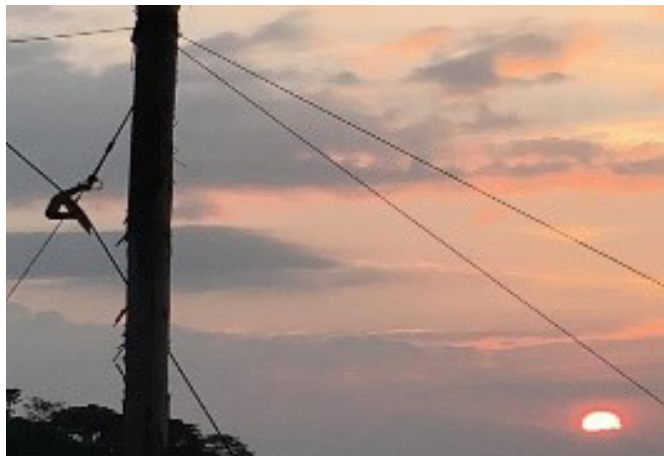
Harvey Céspedes T. (2019).  
Obra: Extracción por tobogán.

### Fotografía 65



Harvey Céspedes T. (2012).  
Obra: Extracción mecanizada.

### Fotografía 66



Harvey Céspedes T. (2019).  
Obra: *Extracción por cables*.

#### 4.8.4. Labor y rol del trabajador en la operación de cosecha

Las empresas muchas veces dirigen y no trabajan el bosque. La secuencia lógica de las labores y el rol del trabajador u operario en las labores de cosecha, se enmarcan en la costumbre rural de traslado en las primeras horas de la mañana y si son viajes frecuentemente largos, se disponen de campamentos fijos en caso de que sea necesario.

**Ingeniería del profesional forestal:** la puesta en marcha de un aprovechamiento ad portas del bosque incorpora:

- La verificación del expediente (topografía, clima, red vial); de la cartografía dispuesta, de los trazos y cálculos específicos por corredor de extracción.
- Puesta en marcha del apoyo logístico y de todo lo que rodea las visitas técnicas.
- Distribución de tareas y puntos de arranque y, generalmente desde

el inicio, plantear soluciones a las incógnitas de los operarios.

- La gestión de suministro es clave para la dinámica de los productos que se tengan presupuestados.
- A su cargo está la verificación de obligaciones y todo lo concerniente a control de movilización, monitoreo de la producción, de cumplimiento a pedidos (consumo de la cadena industrial, aserríos y/o exportación).
- Cuantificar y/o cualificar todos los aspectos para mantener los sistemas de información, hoy disponibles, que facilitan la planificación de aprovisionamiento y de cosecha de las maderas y de su ejecución.

**Trazo del corredor:** el jefe de línea plantea las coordenadas de arranque de labores acorde a lo planificado. Con jalones topográficos se va marcando la línea de saca, tomando pendientes del corredor, midiendo distancias para, luego, diagramar en papel con cuadrícula milimétrica y realizar cálculos y plantear los parámetros de instalación del cable (cantidad y altura de pasacables, distancia de amarres de los anclajes, identificación de obstáculos). Se replantean los puntos críticos para salvarlos con mástiles intermedios. Se realiza marcación de árboles que se dejan en pie para sostén de herramientas, al igual que anclajes a los mástiles y equipos de tracción de cables. Este técnico aplica lo aprendido en capacitaciones previas en la realización de dichas tareas. Utiliza una brújula, cinta métrica, clinómetro, libreta de apuntes, cintas de marcación, jalones y escalímetro.

**Motosierrero 1:** inicia su tarea con la apertura de la línea. Luego, al lado va apeando árboles direccionando en espina de pescado, facilitando la extracción. Los árboles los va apeando de a dos, los cuales por uno baja limpiando de ramas y copo y sube por el otro fuste en la misma labor. Se requiere de capacitación y adiestramiento previo, con exámenes de aprobación. Herramientas: motosierra, bidón de combustible, radioteléfono, pito, cinturón con herramientas, hacha.

**Motosierrero 2:** cumple función de dimensionamiento de los productos. Al igual que la cuadrilla de estrobadores, se turna con el motosierrero 1.



**Monitor de labores:** técnico que ofrece permanente capacitación y toma de decisión inmediata a lo vivido en el bosque, donde son frecuentes las situaciones con alto riesgo a la integridad del trabajador. Se encarga de la revisión de permisos de trabajo en alturas, apeo con seguridad, aseguramiento de áreas, buenos hábitos, y prevenir situaciones riesgosas que son todas de categoría cinco (V), según la ARL.

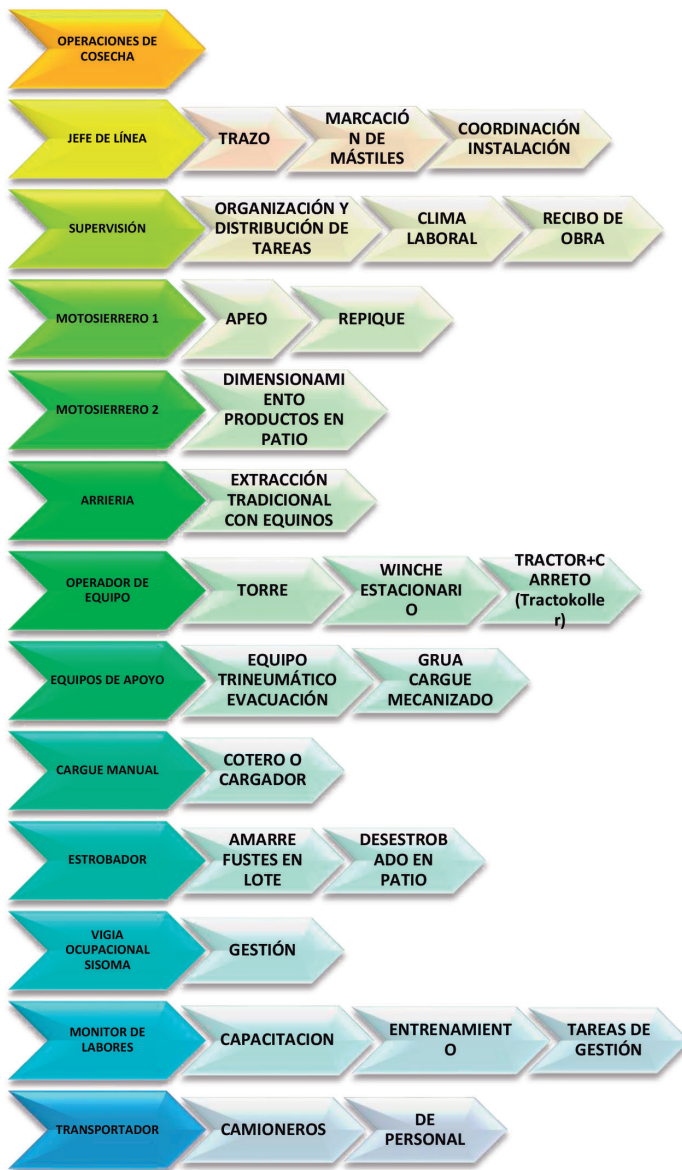
**Operador de equipo:** ancla el equipo e instala mástiles. Señalización y delimitación del área de trabajo. Sigue procedimiento de puesta en marcha del equipo y mantenimiento general. Su principal apoyo está en la radiocomunicación con su grupo de trabajo.

**Estrobador:** es el auxiliar encargado de instalación; en general, es un grupo conformado por tres personas encargados del amarre de fustes. Uno de ellos, estrobando cada fuste y, el otro, espera retorno de carrito vacío para iniciar el enganche de los estrobos por su argolla. El tercero trabaja arriba en el patio desestrobando los fustes. Entre ellos se rotan la actividad. Se apoyan con radioteléfonos, picas o pibes y ganchos de mano para halar los troncos.

**Vigia ocupacional o sisoma:** se encarga de cuidar la seguridad y salud en el trabajo, al igual que la protección del ambiente. Revisa el cumplimiento de Elementos de Protección Personal (EPP), atención a la emergencia y del bienestar del equipo. En este sentido, la normatividad es de cumplimiento obligatorio y cada vez más rigurosa. La secuencia de labores se ilustra en la **Figura 3**.

**Figura 3**

Labores de la cosecha en el bosque y sus principales tareas de desarrollo que se entrelazan como cadena de suministros.



Fuente. Elaboración propia (2023).

#### 4.8.5. Otros datos prácticos de la cosecha

Aún la particularidad de los detalles de un aprovechamiento, en la **Tabla 27** se presenta información sobre la organización de las actividades, sin pretender estandarizar o considerarlas una regla de cumplimiento.

**Tabla 27**

*Información general sobre la organización de las actividades en una cosecha forestal, propuesta para la zona cafetera de Colombia.*

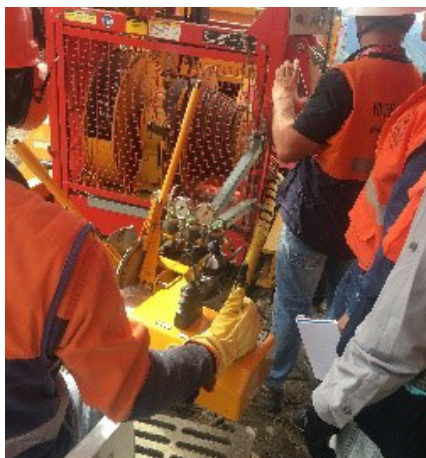
Aspecto de la Cosecha	Dato de la Organización de la Cosecha
<b>VÍAS</b>	<p>El trazo de la vía es esencial para la planeación de las cosechas para estandarizar las máquinas de extracción. Se debe integrar con el alcance. Una vía por la parte media demanda combinar sistemas.</p> <p>Vía diseñada a nivel de corrientes hídricas, viaje con carga pendiente arriba, demanda configuración de vehículos de gran envergadura y potencia y al cambiar a rodar en otros terrenos, estarían sobredimensionados en peso y velocidad y se traducen en mayores costos.</p> <p>Se debe conocer la densidad de construcción de vías o de las existentes como parámetro para presupuesto, además de la carga mayor permitida para las diferentes categorías de vehículos de transporte.</p> <p>El uso con determinadas circunstancias climatológicas demanda que sean controlados, evitando deterioro y la recomposición por demandas onerosas de dinero y tiempo.</p> <p>Tramos con superficie muy angosta demanda construcción de sitios para cambio de dirección. Se generan conflictos al no tenerlos y daños a los vehículos por desborde e intolerancias.</p> <p>Los drenajes deben de funcionar plenamente. Demanda cuadrillas de a pie, porque de lo pequeño se forman daños inmensos y costosos.</p> <p>Contemplar el mantenimiento de las superficies de rodadura con maquinaria de conformación y vibrocompactación.</p>

<b>Aspecto de la Cosecha</b>	<b>Dato de la Organización de la Cosecha</b>
<b>PATIOS</b>	<p>Amplitud y manejo de los inventarios. Existen los problemas típicos de su manejo y hay que trabajar constante en ello. Pila alta en la salida de fustes genera demoras en la evacuación y posibles accidentes del estrobador que está desramando los fustes del ciclo.</p> <p>Se genera los despachos y allí está comprometida la inversión. Permiso de viaje y remisión acorde al cliente. Fugas en el camino son frecuentes y hay que controlarlas.</p> <p>Como se trabaja en horas luz, no siempre está disponible el inventario y el control por la distribución en cada una de las tareas es prioridad.</p> <p>No se pueden olvidar de las cantidades más de lo necesario, o en áreas incorrectas.</p> <p>La superficie del patio se maneja en mantenimiento como las vías.</p> <p>Los patios conllevan todos los aspectos relativos a la seguridad y al movimiento de los fustes, de los equipos de evacuación, cargue, camiones. Son áreas restringidas.</p>
<b>SITIOS DE COMBUSTIBLE</b>	<p>Demarcar un área para los combustibles y el correcto manejo de posible derrame y contaminación.</p> <p>Área con acceso restringido y solo personal autorizado.</p> <p>Exige un cortafuegos. Normalmente es a orilla de carretera, en un desnivel para cargue y descargue de los envases que son canecas de peso considerable (55 galones) y para tanqueos.</p> <p>Fichas de seguridad. Elementos de corrección de regueros. Mangueras y bombas surtidoras.</p>

Aspecto de la Cosecha	Dato de la Organización de la Cosecha
<b>EQUIPOS</b>	<p>Apartado importante por la evolución del aprovechamiento, como respuesta a los desafíos de disminución de costos, aumentando la seguridad y mejora en el talento humano.</p> <p>La zona de área forestal, en su mayoría, se encuentra en sectores con pendientes superiores del 35% de pendiente y como respuesta técnica y económica para solucionar el problema son los equipos.</p> <p>Los sistemas, generalmente, se refieren a las características de los equipos para dar respuesta a los movimientos de la madera como trasladarla, alzarla, rodarla, girarla, etc., requieren fortaleza, confiabilidad, desempeño, costo de inversión, operación, aplicabilidad, venta, respaldo, asesoría, impactos, configuración y alcance, requieren estudio para determinar el equipo, su ubicación y potencia para extraer (cuesta arriba o cuesta abajo) o llevarla a orilla de la vía.</p> <p>Algunos sistemas de cosecha:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hombres con motosierra (antes hachas).</li><li>• Máquina de corte y apilado.</li><li>• Tradicional (bueyes o equinos).</li><li>• Tractor apilador liviano de tres ruedas.</li><li>• Tractor arrastrador (winche frontal o grapa).</li><li>• Skidders.</li><li>• Cables aéreos con cargadores individuales articulados.</li><li>• Cosechadora con cabezal de corta y autocargable.</li><li>• Tractor autocargable con brazo articulado.</li><li>• Tractor agrícola con remolque y brazo articulado.</li></ul> <p>El desglose de las etapas en los ciclos de trabajo de los equipos es:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Viaje vacío.</li><li>2. Estrobadado.</li><li>3. Viaje cargado.</li><li>4. Desestrobadado.</li><li>5. Acomodado de carga o evacuación.</li><li>6. Tiempo de espera.</li><li>7. Cambio de instalación.</li></ol>

<b>Aspecto de la Cosecha</b>	<b>Dato de la Organización de la Cosecha</b>
<b>CABLES</b>	<p>Son cables metálicos de diferentes dimensiones empleados para la saca de madera, sin embargo, debido a la cantidad de ciclos o viajes de madereo y su abrasión hoy promocionan cables sintéticos de igual resistencia con un décimo de su peso. La limitante es la capacidad de los tambores de almacenamiento de cable configurados en el equipo para madereo de cierta distancia.</p> <p>Corresponde el uso de cables forestales en la actualidad a los de acero, con alma de fibra (AF). Dimensiones más usadas (AB EN COLOMBIA) son 3/8", 5/8", 3/4" por sus coeficientes de seguridad para los cálculos del movimiento.</p> <p>Capacitación permanente para su uso y darle la vida útil que se ofrece.</p>
<b>CARRETOS</b>	<p>Se conoce que hay gran variedad. Los usados para cargas de 1 – 1.5 y 2.5 ton son carretos austriacos marca Koller que acompañan la configuración técnica de la torre.</p> <p>El escogido debe dar respuesta al rendimiento (ciclos de madereo) de las cosechas.</p>
<b>HERRAMIENTAS</b>	<p>Son elementos diseñados para reducir las necesidades de energía mediante operaciones con fuerte intensidad de fuerza humana.</p>
<b>APOYOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Transporte de personal.</li><li>• Logística.</li><li>• Software, tecnologías informáticas y de comunicación.</li><li>• Planes de emergencia.</li><li>• Trabajo comunitario.</li><li>• Bomberos en prevención y control de incendios, guardabosques ambientales.</li><li>• Universidades y centros de capacitación técnica.</li></ul>
<b>MITOS/ REALIDAD</b>	<p>Trabajo permanente en desvirtuar mitos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• MITO: “La tala de un bosque, eliminándolo por completo, para dar espacio a algo más en su lugar”. Premisa desarrollo del campo colombiano. /REALIDAD: Los bosques generan vida, son recursos renovables y sostenibles.</li></ul>

### Fotografía 67



Harvey Céspedes T. (2018).

Obra: *Capacitación y actualización en el manejo de equipos forestales.*

Con lo anterior, Asfores S.A.S. ha pretendido mostrar y compartir la experiencia de una actividad que desde diferentes puntos de vista es clave en el sector forestal. Es una actividad que desde la técnica de la ingeniería del aprovechamiento forestal les aporta a los bosques naturales en su estrategia de conservación. En las plantaciones forestales es un elemento fundamental para aplicar los modelos de sostenibilidad normal en cada rodal y en la producción en general. En la práctica, esta actividad requiere de conocimiento y destreza para tomar decisiones en medio de escenarios públicos locales, variaciones climáticas y complejidades geográficas que inciden en la oferta y posibilidades de infraestructura vial. Con fortuna, la oferta de tecnología avanza en procura de mayor rendimiento y beneficio económico. Las normas se ajustan y procuran mejorar los espacios para la actividad. Por todo esto, no es fácil llegar a una propuesta que conduzca a una estructura de costos estandarizada; aun así, se ha procurado presentar una suma de experiencias que facilite al lector y a profesionales de la ingeniería forestal, tener una idea del proceso de planeación y costos de un aprovechamiento forestal.





## Una técnica matemática en la planificación de la cosecha de plantaciones forestales

**Alonso Barrios Trilleras**

La cosecha es una de las actividades clave en el negocio forestal; junto con el transporte, suman aproximadamente el 40 % del costo total de producir un metro cúbico de madera (Mac-Donagh et al., 2014). De ahí que, estas actividades deban ser planificadas desde la perspectiva de producir más con el menor costo, o en menos palabras, en una baja relación de: costo-efectividad.

La cosecha forestal es una operación que interrelaciona diferentes procesos hasta conformar un complejo sistema. En este contexto, no es pertinente mencionar que la cosecha es un conjunto de actividades aisladas, sino que, al contrario, se trata de un sistema que debe funcionar de manera armónica e integral (Shaffer, 2005).

El proceso de planificación de la cosecha forestal involucra varias actividades entre las cuales se cuentan: el conocimiento de las condiciones del rodal (volumen de madera, tamaño de los árboles, clasificación de rollizos, edades, manejo fitosanitario, entre otros específicos a cada condición del rodal), la asignación de la maquinaria más adecuada a las condiciones de sitio (por ejemplo, pendientes topográficas, distancias de

madereo, condiciones físicas del suelo, estacionalidad climática, entre otras), y la localización efectiva de los caminos, siempre con el propósito de maximizar la producción y a la vez minimizar los costos.

## **5.1. Planificación forestal**

Por la complejidad, la planificación forestal se caracteriza por tener una serie de decisiones interdependientes, que, a su vez, difieren tanto en el nivel donde se toman, como en la importancia y plazo en el que se deben definir. Es una actividad que puede definirse como de gran importancia, porque involucra todos los componentes de la cadena productiva para asegurar el logro de los objetivos de la organización, en un horizonte de tiempo específico (corto, mediano y largo plazo) (Bettinger et al., 2017). Estas escalas de tiempo dan lugar a tres niveles jerárquicos en el proceso de planificación forestal: el estratégico, el táctico y el operacional.

### **5.1.1. Planificación estratégica**

La planificación estratégica tiene por objetivo generar información técnica y económica que apoye la toma de decisiones, de modo que se asegure la viabilidad económica de la empresa en el largo plazo (González-Valdés, 2007).

La planificación estratégica guarda relación con decisiones de largo plazo (mayor a 20 años), en el sentido de establecer políticas de desarrollo que permitan satisfacer, en forma consistente, la demanda externa de productos del bosque, bajo las metas globales de la empresa (Aspillaga-Gazitua, 2003) En este sentido, es la visión macro desde donde se planea la superficie a plantar, la elección de la o las especies, la de determinar la oferta total de productos, de acuerdo a una demanda establecida, y de la prospectiva empresarial desde la seguridad jurídica nacional.

Por lo tanto, el plan estratégico de aprovechamiento también debe delimitar las áreas no aprovechables, dividir el bosque que se va a aprovechar en áreas anuales de corta y diseñar el principal sistema de transporte (Dykstra & Heinrich, 1996). Estas decisiones involucran grandes

inversiones de dinero y son afectadas por información tanto interna como externa de la empresa, por lo que los modelos que la soportan poseen una visión amplia, un horizonte de largo plazo e incorporan los impactos de la incertidumbre y el riesgo (González-Valdés, 2007). En términos generales, el resultado de la planificación estratégica es la definición de los rodales a cosechar en cada periodo de planificación, los ingresos esperados por la venta de madera y los costos generales de manejo, cosecha y transporte. Sin embargo, aquí no se toma decisión sobre los requerimientos de equipos que intervendrán en la cosecha, ni sobre la accesibilidad, ni los medios de transporte. En esta planeación, estos costos se tratan de forma general en los apartes de cosecha y de transporte.

### **5.1.2. Planificación táctica**

Al igual que la planificación estratégica, la planificación táctica busca generar decisiones sustentables que no afecten al entorno ni a los recursos utilizados, a elegir las mejores formas de extraer la madera (Viana-Céspedes, 2018), sin embargo, a diferencia de la planificación estratégica, en la planificación táctica el componente espacial cobra relevancia en un escenario temporal más corto (1 a 5 años). Por esto, la planificación táctica usa los resultados de la planificación estratégica para determinar con mayor resolución de escala (temporal y espacial), las actividades a seguir para el logro de los objetivos de mediano plazo (Mitchell, 2004) Ya en contexto, el plan táctico permite evaluar, con mayor precisión, las actividades e inversiones requeridas (compra de predios, habilitación de caminos y canchas o patios de acopio, selección de maquinaria, etcétera) y, con ello, gestionar la empresa en concordancia con los objetivos de largo plazo (Troncoso, 2002).

La planificación táctica puede estar ligada a la estacionalidad de la cadena de suministro, lo que aumenta la necesidad de una planificación anticipada. Una de las razones de esta estacionalidad puede ser el cambio de las condiciones climáticas a lo largo del año, lo que puede hacer difícil o imposible el transporte de madera durante ciertos periodos, debido a la falta de capacidad de carga en los caminos forestales causada, por ejemplo, por los largos periodos de lluvia (Viana-Céspedes, 2018). Es en la planificación táctica donde se asignan los equipos de cosecha forestal que ejecutarán la actividad en cada rodal del patrimonio forestal, así mismo,

se consideran los requerimientos de adecuación de vías (construcción de nuevas vías o mantenimiento de vías existentes), y los costos de transporte desde el bosque hasta los centros industriales.

### **5.1.3. Planificación operacional**

En el tercer nivel está la planificación operacional o de corto plazo (menor o igual a un año), que es la que establece la programación detallada de las actividades que se ejecutarán en el corto plazo, como: la identificación de compartimentos específicos que se aprovecharán, el inventario de madera de las áreas que se aprovecharán, la identificación de áreas ambientalmente sensibles que no se aprovecharán, la planificación de caminos secundarios (Leal & Amílcar-López, 2011), canchas de acopio y pistas de arrastre (Sessions, 2007), la definición de esquemas de trozado (Herrera et al., 2015), maquinaria requerida por unidad de cosecha, contratación de faenas, las decisiones de comercialización y transporte de madera y apoyo en las decisiones diarias de cosecha y transporte (Palma & Troncoso, 2001), y demás actividades a realizar de acuerdo con los compromisos y restricciones (incluidas las ambientales) que afectan en forma inmediata a la empresa, teniendo predeterminadas las condiciones de producción (Morales & Weintraub, 1989; Palma & Troncoso, 2001; Dykstra & Heinrich, 1996; Troncoso, 2002). Así mismo, se definen también las condiciones de trabajo, propendiendo por operaciones forestales más seguras (Viana-Céspedes, 2018).

## **5.2. Selección de sistemas y equipo de cosecha**

En la cosecha forestal toma relevada importancia la planificación táctica y operacional, ya que estas definen los costos de la operación forestal, y, además, en cierta manera, definen la capacidad de producción de una empresa forestal. El proceso de planificación requiere de información detallada del área de cosecha y de los equipos a utilizar. En la planificación operacional de cosecha, se requiere la ubicación espacial de tipos de vegetación, suelos, redes de transporte existentes, red hidrológica y sus características (Sessions, 2007). La elección de un sistema de cosecha a utilizar depende de varios factores, entre los que se tienen:

- Las características del rodal. El tamaño de los árboles, los productos ofertados, las calidades exigidas del producto, o sea las preferencias del comprador. Es preciso conocer qué tipo de productos se deben producir, si es madera para pulpa, aserrado, partículas, fibras, chapas o debobinado.
- Las características del sitio. La pendiente topográfica, las distancias de madereo limitan el uso de la maquinaria, por ejemplo, el hecho que en zonas con pendientes pronunciadas se usen torres y no tractores. La existencia de zonas sensitivas o frágiles es otra consideración más que se debe tener en cuenta al elegir un sistema de cosecha.
- Otro elemento para tener en cuenta es el clima, principalmente en lo que hace referencia a las lluvias y vientos, ya que influyen considerablemente sobre los costos y rendimientos de todas las actividades de la cosecha.
- La disponibilidad de equipos es otra consideración importante, ya que se debe presupuestar con las máquinas que se tienen.
- La disponibilidad de talento humano capacitado para desarrollar las actividades forestales.

Entre los factores más importantes para la elección del sistema de cosecha óptimo, se destacan las características del rodal y del sitio. En este orden de ideas, la elección del sistema de cosecha forestal a utilizar empieza por definir las características del rodal y del sitio a cosechar:

Para la cosecha forestal, las características de mayor importancia del rodal son:

- Especie y volumen del rodal (*Stock* de madera): hace referencia a la especie plantada en el rodal y a la cantidad de madera contenida en el mismo: metros cúbicos por hectárea ( $m^3/ha$ ), toneladas por hectárea ( $t/ha$ ).
- Distribución diamétrica: es la distribución de los árboles según su tamaño, esta información es importante para determinar el sistema de cosecha apropiado, y definir los costos de extracción y de transporte.

- Esquemas de trozado: hace referencia a la forma en que serán trozados los árboles del rodal, depende de la demanda por productos, de la distribución diamétrica y del manejo silvícola al cual haya sido sometido el rodal.

### Fotografía 68



Alonso Barrios Trilleras (2020).

Obra: Trozado con motosierra de un árbol de *Pinus* sp.

La característica de la plantación es tomada a lo largo del tiempo del manejo silvicultural del rodal, o al realizar un inventario precosecha, el cual es realizado con meses de anticipación. Este inventario normalmente se realiza con un muestreo sistemático y con una muestra pequeña, ya que por tratarse de rodales coetáneos (de la misma edad), y al haberse establecido con el mismo material genético, las plantaciones forestales son homogéneas. Es importante que el inventario precosecha presente una clasificación por productos, por ejemplo, la cantidad de madera para debobinado, para aserrío y para pulpa, ya que cada uno de estos productos tienen un precio distinto en el mercado.

Las características del sitio definen qué maquinaria deberá usarse para obtener los mejores resultados, tanto, económicos, como sociales y ambientales. Las características más importantes del sitio son:

- Pendiente del terreno: hace referencia a la inclinación de la superficie. Es importante debido a que define la viabilidad técnica del uso de un determinado sistema de cosecha.
- Distancia media de extracción (madereo): es la distancia entre el árbol hasta el sitio de acopio (cancha de acopio, sobrecancho, orilla de camino), es importante porque está estrechamente relacionada con los costos de producción.
- Fragilidad del suelo: se debe reconocer y delimitar las zonas donde no se deben realizar operaciones de cosecha, a causa de la sensibilidad o fragilidad del suelo; esto es importante, debido a que reduce el número de máquinas disponibles para la operación, en muchos casos, es preciso utilizar sistemas de cosecha de bajo impacto como fuerza animal, o torres de madereo.

Las características del sitio pueden ser obtenidas de la cartografía disponible y a través del uso de sensores remotos con aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para el caso de la pendiente, es normal el uso de una clasificación por pendiente, de acuerdo a la disponibilidad de maquinaria. Un ejemplo es la que se presenta en la **Tabla 28**.

**Tabla 28**

Clasificación por pendiente del terreno y posibilidad de uso de sistemas de cosecha.

Clasificación	Pendiente (%)	Distancia de extracción	Sistema de cosecha
Pendiente suave	0 - 15	hasta 150 metros	Sistema altamente mecanizado con cosechadora forestal ( <i>harvester</i> ) y autocargador forestal ( <i>forwarder</i> )
Pendiente moderada	15 - 25	Hasta 150 metros	Sistema altamente mecanizado con cabezal de apeo ( <i>feller</i> ), <i>buncher</i> y arrastrador forestal ( <i>skidder</i> ) neumático
Pendiente fuerte	25 - 35	Hasta 100 metros	Sistema semimecanizado, apeo con motosierra, y madereo con <i>skidder</i> oruga
Pendiente muy fuerte	> 35	Hasta 100 metros	Sistema de cable aéreo

La fragilidad del suelo puede obtenerse a partir de imágenes satelitales y con recorridos por el rodal, donde se identifiquen las zonas con impedimentos para la realización de la cosecha, estas pueden ser: humedales, suelos erosionados, cárcavas, cauces, fuertes pendientes, largas pendientes, cobertura vegetal rala. Para evitar causar daños al ambiente, es preciso delimitar el área de afectación o con fragilidad a través de una zona de amortiguación (*buffer*), la distancia del *buffer* puede variar, aunque es recomendable dejar por los menos 10 metros.

### **5.3. Empleo de programación matemática en la planificación forestal**

En términos generales, los problemas de planificación forestal, por ser considerados como productos de un sistema de variables interrelacionadas, pueden ser planteados como problemas matemáticos. En este sentido, abordar estos problemas, desde la programación matemática, corresponde a identificar un conjunto de técnicas de optimización de variables, con el propósito de mejorar un objetivo, que, en el caso de la cosecha forestal, obedece a las restricciones impuestas sobre las actividades del manejo forestal o sobre la asignación de la tierra para varios usos (Bettinger et al., 2017). La programación lineal es una de estas técnicas de programación matemática.

#### **5.3.1. La programación lineal en la planificación forestal**

En la planificación forestal, la programación lineal es una técnica de modelación matemática que tiene como objetivo optimizar la asignación de recursos limitados entre alternativas o actividades competitivas. La elección de una alternativa incluye satisfacer varias condiciones o restricciones al mismo tiempo. La programación lineal ha sido ampliamente utilizada por compañías de todas las escalas para permitir una adecuada toma de decisiones. La solución de un problema de programación lineal se reduce a encontrar el valor óptimo (mayor o menor, según el problema) de la expresión lineal (llamada función objetivo:  $Z$ ):



$$Z = c_1X_1 + c_2X_2 + \dots + c_nX_n \quad \text{Ecuación: 5}$$

Sujeta a un conjunto de restricciones expresadas como desigualdades:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1 \quad \text{Ecuación: 6}$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m \quad \text{Ecuación: 7}$$

$$\forall X_j \geq 0$$

Donde:

Z: Es la función objetivo,

$X_j$ : Son las variables de decisión,

$c_j$ : Son los costos o ingresos por unidad de  $X_j$ ,

$a_{ij}$ : Son los coeficientes insumo o producto, y

$b_i$ : Es la disponibilidad de recursos.

$\forall X_j$ : Restringe a que las variables de decisión sean no negativas.

Para ilustrar el empleo de la programación lineal en la toma de decisiones en la cosecha forestal, se presenta un ejemplo basado en Orozco-Vílchez (2004). Supongamos un rodal de *Tectona grandis* con 3200 m<sup>3</sup> de madera para aprovechar. El propietario tiene un presupuesto de \$75000 (miles de pesos colombianos), para pagar los gastos de extracción. Ya que la plantación es pequeña, prefiere hacer una sola cancha de acopio, desde donde vende su madera a otras empresas. La distancia promedio entre el patio y los árboles cortados es de 500 m, con una distancia máxima de 800 m. La plantación se encuentra en una zona muy lluviosa, por lo que tiene solo tres meses para extraer la madera, lo cual equivale a 576 horas efectivas de trabajo. El apeo y trozado será realizado con motosierra.

Para el maderero debe decidirse entre dos equipos: un tractor forestal de ruedas (*skidder*) o un tractor de oruga (*bulldozer*), ambos con winche para el arrastre de la madera. En la **Tabla 29** se muestran los datos de rendimiento, y los costos horarios asociados a su uso:

**Tabla 29**

Información disponible de rendimiento y costos para dos equipos de arrastre de madera.

Tractor	Rendimiento (m <sup>3</sup> /viaje)	Viajes por hora (viajes/hr)	Costo horario en miles de pesos colombianos (\$000/hr)	Ingreso neto por viaje (\$000/viaje)
Skidder de ruedas	1.0	3.8	150	200
Skidder de orugas	1.5	2.6	100	300

**Fuente.** Adaptado de Orozco-Vilchez (2004).

El propietario necesita, entonces, determinar el número de viajes del Skidder de ruedas ( $X_1$ ) y Skidder de orugas ( $X_2$ ), que permitan maximizar su ganancia dentro de las restricciones establecidas. Por lo que, la función objetivo se plantea de la siguiente manera:

$$\text{Máx } Z = 200 X_1 + 300 X_2$$

En el problema se identifican tres recursos, el volumen disponible en el rodal, el presupuesto disponible y el tiempo disponible para realizar la cosecha. A cada uno de estos recursos, se asocia una restricción. Sin embargo, como las variables de decisión están definidas en términos de número de viajes de cada máquina, se debe convertir la información, por ejemplo, el costo horario se divide en el número de viajes por hora para obtener el costo promedio de un viaje para cada máquina. Las restricciones se plantean de la siguiente manera:

$$1.0 X_1 + 1.5 X_2 \leq 3200 \quad (\text{Restricción de volumen máximo a cosechar})$$

$$\frac{150}{3.8} X_1 + \frac{100}{2.6} X_2 \leq 75000 \quad (\text{Restricción de presupuesto})$$

$$\frac{1}{3.8} X_1 + \frac{1}{2.6} X_2 \leq 576 \quad (\text{Restricción de tiempo})$$

$$X_1, X_2 \geq 0 \quad (\text{Restricción de no negatividad})$$

### Fotografía 69



Alonso Barrios T. (2010).

Obra: Extracción mecanizada con skidder de neumáticos.

El anterior modelo puede ser resuelto en algún programa para la solución de problemas de programación lineal como Solver de Microsoft

Excel, Lindo y Lingo (LINDO Systems, Inc., 2020). El resultado obtenido en Lingo es presentado en la **Figura 4**.

**Figura 4**

Solución del problema de programación lineal mediante el programa Lingo.

Global optimal solution found.			
Objective value:		448831.2	
Infeasibilities:		0.000000	
Total solver iterations:		1	
Elapsed runtime seconds:		0.09	
Model Class:		LP	
Total variables:	2		
Nonlinear variables:	0		
Integer variables:	0		
Total constraints:	6		
Nonlinear constraints:	0		
Total nonzeros:	10		
Nonlinear nonzeros:	0		
	Variable	Value	Reduced Cost
	X1	0.000000	4.935065
	X2	1496.104	0.000000
	Row	Slack or Surplus	Dual Price
	1	448831.2	1.000000
	2	955.8442	0.000000
	3	17456.85	0.000000
	4	0.000000	779.2208
	5	0.000000	0.000000
	6	1496.104	0.000000

**Fuente.** Elaboración propia (2023).

Al interior de la tabla, en la parte inferior derecha, se tienen los valores de respuesta entregados por el programa. En primeras filas, se encuentra la información tanto de la solución encontrada para cada una de las variables de decisión ( $X^1$  y  $X^2$ ), como la de los costos reducidos (*reduced cost*). Las variables que presentan costos reducidos mayores a cero son aquellas que no ingresaron en la solución óptima del problema. Por lo tanto, los costos reducidos indican el valor en el que el coeficiente de cada variable, dentro de la función objetivo, debe aumentar o reducir para que sea considerada en la solución óptima del problema.

En este sentido, con respecto a los valores iniciales del problema, la variable  $X_1$  (viaje de skidder de neumáticos), debería aumentar el ingreso neto por viaje en \$ 4.935 (miles de pesos colombianos), para que este equipo de cosecha se tuviera en cuenta en la solución del problema.

Continuando con la información de la tabla, la columna holgura o exceso (*slack or surplus*), se puede interpretar como el recurso no utilizado (correspondiendo a una holgura) o también como el recurso utilizado por encima de la restricción de mínimo uso (correspondiendo a un exceso). En la solución obtenida se muestra que aun quedarían  $956 \text{ m}^3$  sin extraer en el rodal y que sobrarían \$ 17456.85 (miles de pesos colombianos) en el presupuesto del propietario del bosque, ambos valores corresponden a holguras.

La columna de precios duales (*dual price*) indica aproximadamente lo que cambiaría la función objetivo por cada unidad que aumente el recurso disponible de la restricción (lado derecho de la restricción). Analizando estos resultados, se obtiene que la principal restricción en el problema planteado es el tiempo disponible para realizar la operación, por lo tanto, cada hora de trabajo adicional aumentaría en \$ 779.22 (miles de pesos colombianos) la función objetivo.

En la solución del problema se observa que se selecciona el Skidder de orugas ( $X_2$ ) para realizar la extracción de la madera empleando 1496 viajes. Sin embargo, aún quedarían  $956 \text{ m}^3$  sin extraer en el rodal. Se tiene que la principal restricción en el problema planteado es el tiempo disponible para realizar la operación, y que, según el modelo, el propietario del bosque obtendría ingresos netos por \$ 448831,2 (miles de pesos colombianos), (función objetivo).



## Referencias bibliográficas

- Aspillaga-Gazitua, M. F. (2003). *Planificación de la adquisición de bulbos utilizando un modelo de optimización en una empresa Chilena productora de flores de liliun* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile]. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1555200>
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J. P. & Grebner, D. L. (Eds.). (2017). *Forest management and planning* (2ª ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809476-1.00030-8>
- Condés-Ruiz, S. (2014). *Ejercicios de dendrometría, dasometría y epidometría*. Fundación Conde del Valle de Salazar.
- Decreto 2811 de 1974. (1974, 18 de diciembre). Presidencia de la República de Colombia. *Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Diario Oficial No. 34243. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>
- Decreto 877 de 1976. (1976, 10 de mayo). Ministerio de Agricultura. *Por el cual se señalan prioridades referentes a los diversos usos del recurso forestal, a su aprovechamiento y al otorgamiento de permisos y concesiones y se dictan otras disposiciones*. <https://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/10/DECRETO-877-DE-1976.pdf>

Decreto 1449 de 1977. (1977, 27 de junio). Ministerio de Agricultura. *Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974.* Diario Oficial No. 34827. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/decreto-1449-de-1977.pdf>

Decreto 1791 de 1996. (1996, 4 de octubre). Presidencia de la República de Colombia. *Por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.* Diario Oficial No. 42.894. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1296>

Decreto 900 de 1997. (1997, 1 de abril). Presidencia de la República de Colombia. *Por el cual se reglamenta el Certificado de Incentivo Forestal para Conservación.* Diario Oficial 43013. [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=30218](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=30218)

Decreto 2041 de 2014. (2014, 15 de octubre). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.* <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/decreto-2041-2014.pdf>

Decreto 1076 de 2015. (2015, 26 de mayo). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.* <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf>

Decreto 1071 de 2015. (2015, 6 de agosto). Presidencia de la República de Colombia. *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural.* Diario Oficial 44.893. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/SiteAssets/Paginas/Decreto-1071-2015/Decreto-1071-de-2015/DECRETO%20UNICO%20REGLAMENTARIO%20V-07%20%28Reparado%29.pdf>



Decreto 1532 de 2019. (2019, 26 de agosto). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Por medio del cual se modifica la Sección 1 del Capítulo 1 del Título 2 de la Parte 2 del Libro 2 y se sustituye la Sección 12 del Capítulo 1 del Título 2 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015, en relación con las plantaciones forestales.* <https://www.andi.com.co/Uploads/DECRETO%201532%20DEL%2026%20DE%20AGOSTO%20DE%202019.pdf>

Decreto 2398 de 2019. (2019, 27 de diciembre). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. *Por el cual se sustituye el Título 3 de la Parte 3 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural 1071 de 2015, relacionado con el certificado de movilización de plantaciones forestales comerciales.* <https://cijuf.org.co/sites/cijuf.org.co/files/normatividad/2019/DECRETO%202398%20DEL%2027%20DICIEMBRE%20DE%202019.pdf>

Decreto 1824 de 2020. (2020, 31 de diciembre). Presidencia de la República de Colombia. *Por el cual se adiciona el Capítulo 6 al Título 7 de la Parte 14 del Libro 2 del Decreto 1071 de 2015 “Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector administrativo agropecuario, pesquero y de desarrollo rural”, para la clarificación de la vigencia legal de los títulos de origen colonial o republicano de los resguardos indígenas.* [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=154386](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=154386)

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2018). *Estudios de economía forestal en el marco de la Misión de Crecimiento Verde en Colombia.* [https://www.dnp.gov.co/LaEntidad\\_/misiones/mision-crecimiento-verde/Documents/ejes-tematicos/forestal/Productos%20finales/Resumen%20V2018-09-30.pdf](https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/misiones/mision-crecimiento-verde/Documents/ejes-tematicos/forestal/Productos%20finales/Resumen%20V2018-09-30.pdf)

Departamento Nacional de Planeación [DNP] & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Política nacional para el control de la deforestación y la gestión sostenible de los bosques—CONPES.*

- Duran-Rosero, F. (1998). *Aprovechamiento forestal. Fundamentos de tecnología*. Universidad del Tolima.
- Dykstra, D. P. & Heinrich, R. (1996). *Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO*. Food & Agriculture Org.
- Elorrieta-Jove, J., García-Rodríguez, J. L., Robredo-Sánchez, J. C. & García-Díaz, R. (2002). *Drenajes alternativos en pistas forestales*, pp. 105-108.
- Elorrieta-Jove, J., Ortega-Perez, E. & Martín-Ramos, B. (2021). *Vías Forestales. Planificación, Trazado y Diseño*. Dextra Editorial. <https://ebookslibreriaconcentra publica.la/library/publication/vias-forestales-planificacion-diseno-y-trazado>
- González-Valdés, J. I. (2007). *Análisis económico de los precios sombra de un modelo de programación lineal para la planificación estratégica de una empresa forestal* [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifg643a/doc/fifg643a.pdf>
- Herrera, J., Barrios, A., Aguirre, A. & Nieto, V. (2015). Generación de patrones de corte óptimos para árboles individuales a partir de productos demandados en plantaciones comerciales. *Colombia Forestal*, 18, 193-206. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.2.a02>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (2011). *Norma 4788-1:2011. Tipología para vehículos de transporte de carga terrestre*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia [IDEAM]. (2023). *Metodología Corine Land Cover. Ecosistemas*. <http://meteorologia.ideam.gov.co/en/web/ecosistemas/suelos-tierras>
- Leal, R. O. & Amílcar-López, C. (2011). Metodología para la planificación logística de vías forestales para la cosecha de plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill. Utilizando herramientas de optimización. *Colombia Forestal*, 14(1), 51-67.

- Lema-Tapias, A. (1993). *Notas para extensión en dasometría*. Universidad Nacional de Colombia.
- Lema-Tapias, A. (1994). *Elementos teórico-prácticos de inventarios forestales*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ley 2 de 1959. (1959, 16 de diciembre). Congreso de la República de Colombia. *Por el cual se dictan normas sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9021>
- Ley 21 de 1991. (1991, 4 de marzo). Congreso de la República de Colombia. *Por medio de la cual se aprueba el Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes, adoptado por la 76a. Reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra 1989*. Diario Oficial 39.720. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=37032>
- Ley 70 de 1993. (1993a, 27 de agosto). Congreso de la República de Colombia. *Por la cual se desarrolla el artículo transitorio 55 de la Constitución Política*. Diario Oficial No. 41.013. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=7388>
- Ley 99 de 1993. (1993b, 22 de diciembre). Congreso de la República de Colombia. *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 41146. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>
- Ley 101 de 1993. (1993c, 23 de diciembre). Congreso de la República de Colombia. *Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero*. Diario Oficial N. 41149. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=66787>

- Ley 139 de 1994. (1994, 21 de junio). Congreso de la República de Colombia. *Por la cual se crea el Certificado de Incentivo Forestal y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 41.401. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30220#:~:text=Su%20fin%20es%20el%20de,en%20terrenos%20de%20aptitud%20forestal>.
- Ley 769 de 2002. (2002, 6 de agosto). Poder Público-Rama Legislativa. *Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 44.893.
- Ley 1333 de 2009. (2009, 21 de julio). Congreso de la República de Colombia. *Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 47.417. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36879>
- Llanos-Córdoba, T. S. (2022). *Diagnóstico y evaluación de escalas salariales según la Ley N°30709 de Equidad Remunerativa a una empresa del sector inmobiliario de Lima Metropolitana* [Universidad Peruana Cayetano Heredia]. <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/12173?show=full>
- López-Serrano, F. R., Cerro-Barja, A. & García-Morote, F. A. (2003). *Dasometría: Ciencia de la medición forestal*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=114297>
- Mac-Donagh, P., Hildt, E., Martínez, M., Jorge, M., Mariano, V. & Luis, F. (2014, mayo 15). Sistema de apoyo a la planificación de la cosecha forestal—System support for planning of forest harvesting. XVI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales.
- Ministerio de Transporte. (2023). *Sistema de información de costos eficientes para el transporte automotor de carga SICE-TAC*. [https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/359/sistema\\_de\\_informacion\\_de\\_costos\\_eficientes\\_para\\_el\\_transporte\\_automotor\\_de\\_carga\\_sicetac/](https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/359/sistema_de_informacion_de_costos_eficientes_para_el_transporte_automotor_de_carga_sicetac/)

- Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Comercio Exterior, Ministerio de Desarrollo Económico, Departamento Nacional de Planeación & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2000). *Plan Nacional de Desarrollo Forestal*. [https://archivo.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Plan-Nacional-de-Desarrollo-Forestal/553\\_plan\\_nal\\_des\\_forestal.pdf](https://archivo.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Plan-Nacional-de-Desarrollo-Forestal/553_plan_nal_des_forestal.pdf)
- Mitchell, S. A. (2004). *Operational forest harvest scheduling optimisation: A mathematical model and solution strategy*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Operational-forest-harvest-scheduling-optimisation%3A-Mitchell/b30be7964d69870af8981360475e35b5571c145e>
- Morales, R. & Weintraub, A. (1989). *El enfoque jerárquico en planificación forestal*.
- Orozco-Vílchez, L. (2004). *Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales*. CATIE.
- Palma, C. & Troncoso, J. (2001). Asignación óptima de equipos en faenas de cosecha forestal (Optimal assignment of equipment in forest harvesting activities). *Bosque*, 22, 65-73.
- Parra-Sánchez, R. H. (1999). *Caminos forestales planificados*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7319>
- Resolución 4100 de 2004. (2004, 28 de diciembre). Ministerio de Transporte. *Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional*. <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/resoluciones-circulares-otros/10387-resolucion-4100-del-28-de-diciembre-de-2004>
- Resolución 241 de 2007. (2007, 5 de octubre). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. *Por la cual se determinan las funciones que el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural delegará con ocasión del otorgamiento del Certificado de Incentivo Forestal y se dictan*

otras disposiciones. Diario Oficial No. 46.778 [https://alphasig.metropol.gov.co/normograma/compilacion/docs/resolucion\\_minagricultura\\_0241\\_2007.htm](https://alphasig.metropol.gov.co/normograma/compilacion/docs/resolucion_minagricultura_0241_2007.htm)

Resolución 0753 de 2018. (2018, 9 de mayo). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Por la cual se establecen lineamientos generales para la obtención y movilización de carbón vegetal con fines comerciales, y se dictan otras disposiciones.* <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-0753-de-2018.pdf>

Rojas, A. M. (1977). *Dasometría práctica* [Universidad del Tolima]. <https://biblio.darwin.edu.ar/meran/opac-detail.pl?id1=7982>

Sessions, J. (2007). *Harvesting Operations in the Tropics* (1ª ed.). Springer Berlin, Heidelberg.

Shaffer, R. M. (2005). *A logger's guide to harvest planning.* <http://hdl.handle.net/10919/54915>

Tobasura-Acuña, I. (2011). El legado ecológico de “el libertador”. *Luna Azul*, 32, 135-145.

Troncoso, J. (2002). Modelos de planificación forestal orientada a la producción logística. *Agronomía y Forestal UC*, 4(15), 15-18.

Viana-Céspedes, V. (2018). *Optimización en la planificación de servicios de cosecha forestal* [Tesis de maestría, Universidad de la República (Uruguay)]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/1841>



### **Alonso Barrios Trilleras**

Ingeniero Forestal egresado de la Universidad del Tolima (2005), Magíster en Ciencias Mención en Recursos Forestales (2007) y Doctor en Ciencias Forestales (2018) de la Universidad Austral de Chile. Profesor asociado, adscrito al Departamento de Ciencias Forestales de la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima. Con 20 años de experiencia profesional y 10 de docencia universitaria, ha participado como investigador principal y coinvestigador en más de 20 proyectos de investigación con financiamiento a través de fondos concursables del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR, Minciencias, Cenired, Fondecyt (Chile), Universidad del Tolima, entre otros. Es investigador y líder del Grupo de Investigación Madera y Bosques de la Universidad del Tolima. Actualmente, está categorizado como investigador asociado en Minciencias. Las líneas de investigación que desarrolla el profesor Barrios tienen que ver con el modelamiento del crecimiento y rendimiento forestal, la silvicultura y manejo de plantaciones forestales, la evaluación y modelamiento de la calidad de la madera y la cosecha forestal.



### **Harvey Céspedes Torres**

Ingeniero Forestal. Especialista en Salud Ocupacional, Gerencia y Control de Riesgos. Tres décadas de experiencia en la dirección organizacional y operacional de la firma Asesorías Forestales Especiales - Asfores S.A.S., especializada en la reforestación y aprovechamiento forestal de bosques cultivados comerciales, contratista de la División Forestal SKCC. Responsable de la estrategia de RUC año a año, haciendo visible la organización ante contratantes con logros crecientes en su realización de análisis y gestión para mejora de los indicadores de la empresa. Profesional con habilidades para la formulación y administración de proyectos y con competencias en docencia, pedagogía y didáctica, en el marco de la construcción del conocimiento en ambientes de aprendizaje virtual y presencial.

El avance de las tecnologías aplicadas a las operaciones del aprovechamiento de los bosques naturales y la cosecha de las plantaciones forestales, ha llevado a nuevos métodos o modelos de intervención sobre las masas forestales, que, sin abandonar las técnicas simples, domésticas o tradicionales (tildadas tanto de bajo como de alto impacto), han llegado hasta las más sofisticadas, con la utilización de tractores y cables aéreos (sobre los que también se discute el alto o bajo impacto), y a la misma guía satelital para determinar áreas o individuos a talar. En igual sentido, la legislación colombiana se ha ido ajustando a estas realidades, manteniendo los principios del manejo sostenible, el modelo de bosque normal, en especial, el de procurar que el aprovechamiento del bosque y de la flora silvestre sea una estrategia de conservación. En este contexto, en este libro, los autores presentan sus experiencias de campo, sus análisis y sus reflexiones, con la idea de aportar a la discusión académica sobre las particularidades del aprovechamiento forestal.

