



# Mecanización Forestal

**Cursada: Año 2010**



## Mecanización Forestal

Año 2010

### INTRODUCCIÓN AL APROVECHAMIENTO FORESTAL

En 1971 los estados miembros de la FAO aceptaron la celebración del Día Forestal Mundial el día 21 de marzo, primer día de otoño en el hemisferio sur y primer día de primavera en el hemisferio norte, para poder imprimirle un carácter simultáneo en todo el mundo. Es importante para esta fecha destacar que todos los tipos de bosques proveen a los pueblos del mundo de bienes y servicios esenciales, sociales, económicos y ambientales, y contribuyen a la seguridad alimentaria, agua y aire limpios y protección del suelo, y que su manejo es fundamental para lograr un desarrollo sostenible.

La mitad de los bosques mundiales han desaparecido, y las áreas forestales con mayor biodiversidad están en peligro. La gestión sostenible de los bosques debe pasar de las palabras a la práctica.

Hoy los bosques cubren la cuarta parte de las tierras emergidas, excluyendo la Antártida y Groenlandia. La mitad de los bosques están en los trópicos; y el resto en las zonas templadas y boreales. Siete países albergan más del 60 por ciento de la superficie forestal mundial: Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos, China, Indonesia y Congo (el antiguo Zaire). La mitad de los bosques que una vez cubrieron la Tierra, 29 millones de kilómetros cuadrados, han desaparecido, y lo que es más importante en términos de biodiversidad, cerca del 78 por ciento de los bosques primarios han sido ya destruidos y el 22 por ciento restante están amenazados por la extracción de madera, la conversión a otros usos como la agricultura y la ganadería, la especulación, la minería, los grandes embalses, las carreteras y las pistas forestales, el crecimiento demográfico y el cambio climático. Un total de 76 países han perdido ya todos sus bosques primarios, y otros once pueden perderlos en los próximos años.

Estos fueron algunos de los puntos que se incluyeron en la agenda del XIII Congreso Forestal Mundial, que se reunió en Argentina en octubre de 2009, donde se observó con preocupación los impactos del cambio climático sobre los bosques y se subrayó la importancia del papel de los bosques en la mitigación y adaptación al cambio climático, así como la necesidad de que las comunidades dependientes de los bosques y los ecosistemas forestales se adapten a este desafío.

Algunas conclusiones que pudieron sacarse por medio de la participación en charlas dentro del congreso fueron:

-Los bosques no son solamente sumideros de carbono: albergan dos tercios de la diversidad biológica que habita en la tierra a nivel mundial, generan bienes ecológicos importantísimos como agua, comida e ingresos, con más de 5000 productos forestales que consume el hombre, y son también parte de la identidad de miles de millones de personas;

-Cualquier decisión que se tome para la conservación de bosques debe considerar el mejorar las condiciones de vida de las personas que viven de los mismos. También, porque la pobreza y falta de recursos de estos pueblos son algunas de las causas de deforestación indiscriminada en muchos países del mundo;

-Con una población que crece y debe ser alimentada, es imposible frenar por completo la deforestación. Pero la expansión de las fronteras agrícolas, la producción de biocombustibles y la utilización de los bosques debe ser llevada a cabo en forma responsable y con planificación;



-Los bosques dentro de las ciudades pueden ser poderosas herramientas para combatir y adaptarse a las consecuencias del cambio climático;

-Si bien los programas REDD y REDD+ (Reducción de Emisiones de Carbono por Deforestación y Degradación de Bosques) pueden ser interesantes herramientas para enfrentar el cambio climático, sus detalles deben simplificarse para que puedan ser aplicados en forma más dinámica;

-Para lograr avances en la conservación se debe trabajar en forma coordinada con gobiernos, organizaciones y comunidades nativas;

-Es necesario tener mayores sistemas de monitoreo y colección de datos sobre los bosques y vegetación, para poder tomar decisiones más informadas.

Asimismo considerando que la cubierta forestal se considera reducida cuando el bosque no es suficiente para garantizar la sostenibilidad de componentes y procesos fundamentales, imprescindibles para la supervivencia y el desarrollo. La reducción de la cubierta forestal adquiere mayor gravedad en la medida que se trate de países semiáridos y áridos y, cabe señalar, la República Argentina tiene un 17% de su territorio continental bajo condiciones de semiaridez y un 59% bajo condiciones de aridez, lo cual agudiza el problema. Entre los principales inconvenientes a los que se deben enfrentar los países semiáridos y áridos con cubierta forestal reducida, se destaca la insuficiente protección de las cuencas hidrográficas, la disminución en la disponibilidad de agua, la degradación de las tierras por pérdida de fertilidad y erosión, la disminución en el número de especies autóctonas, la escasez de productos forestales como la madera, la leña y los productos no leñosos que se usan con fines medicinales y alimentarios. Todos estos factores se traducen en una menor productividad del capital y en algunos casos, la pérdida total de los recursos.

Uno de los principales agentes responsable de la pérdida de los ecosistemas boscosos y su fragmentación es la conversión de bosques a sistemas agrícolas. Los agentes individuales de conversión y fragmentación se extienden, en algunos casos, desde las empresas agrícolas a gran escala, hasta los productores u ocupantes pequeños cuyo impacto individual puede ser minúsculo pero significativo en términos acumulativos. Todos ellos, pueden ocasionar la desaparición o degradación progresiva de los ecosistemas boscosos.

Ante esta realidad, actores políticos del orden nacional han propuesto resolver esta situación mediante una nueva ley, que es la Ley 26.331, que establece como **Aprovechamiento sostenible de los Bosques Nativos**: remoción total o parcial de organismos vivos de un área boscosa para obtener productos y/o beneficio económico que asegure la renovación del recurso natural extraído dentro de los plazos acordes a la biología de las especies afectadas, manteniendo la estructura y las funciones del bosque y evitando los impactos sobre el ecosistema, y como **Uso sostenible**: utilización de componentes de la diversidad biológica de un modo y a un ritmo que no ocasione la disminución a largo plazo de la diversidad biológica, con lo cual se mantienen las posibilidades de ésta de satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones actuales y futuras.

Por lo tanto, al ser las operaciones de aprovechamiento un camino casi perfecto para la generación de conflictos, su ejecución deberá ser muy cuidadosa no solo para la sostenibilidad de los bosques sino para la continuidad de la silvicultura como profesión. Existen una serie de iniciativas para reducir los impactos ambientales y sociales asociados con el aprovechamiento forestal. Entre ellas se incluyen los esfuerzos para reducir la magnitud global de las operaciones de cosecha en bosques naturales, mediante un incremento de los rendimientos; los intentos para mejorar la eficiencia económica a través de una mejor planificación y control de las operaciones y de una formación mas eficaz de los trabajadores forestales; iniciativas para implementar incentivos y políticas que promuevan la adopción de sistemas de cosecha y transporte de impacto reducido; los esfuerzos para preparar orientaciones locales y regionales sobre practicas forestales



respetuosas del medio ambiente; e iniciativas sobre el desarrollo de procedimientos para evaluar la sostenibilidad de las practicas forestales.

Los forestales tienen la obligación moral y profesional de asegurar que esas operaciones se llevaran a cabo de manera que maximicen los beneficios para la sociedad, al tiempo que minimizan los perjuicios ambientales asociados.



**SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO**

Los aprovechamientos forestales de madera están compuestos de una serie de operaciones. Antes de entrar en su descripción, conviene no perder de vista la necesaria planificación conjunta de cada operación como parte de un proceso más amplio. Por ello, para no perder la perspectiva global, se va a intentar dar una visión de cómo el conjunto de estas fases se suele asociar para formas grandes **Sistemas de Aprovechamiento**.

Un aprovechamiento maderero se puede concebir como una serie de operaciones de transformación y transporte del material que es la madera. Dado que estas operaciones son diversas, no siempre se realizan todas ellas ni se ejecutan con los mismos medios, y no siempre en el mismo orden ni en los mismos lugares, tiene gran interés para su estudio la clasificación de los aprovechamientos formando sistemas, o combinaciones de *operaciones, lugares y medios* más comunes.

Se puede comenzar por hacer una relación de las operaciones, los lugares y los medios más comunes:

✓ **Las operaciones:**

- Operaciones previas (apertura de vías, desbroce, poda baja, señalamiento, etc.)
- Apeo
- Desramado y despunte
- Tronzado y descortezado
- Reunión/Apilado en monte (y posible primera clasificación)
- Desembosque (carga, extracción, descarga)
- Apilado en cargadero o borde de pista
- Clasificación
- Carga en camión/otro medio de transporte
- Transporte por pista/carretera/vía férrea/río o canal
- Descarga en parque o cargadero intermedio
- Recarga en nuevo medio de transporte y transporte
- Descarga en parque de fábrica
- Eliminación de residuos y operaciones posteriores (tratamientos sanitarios, reparación de pistas, preparación del terreno, repoblación, etc.)

✓ **Los lugares:**

- Pie de tocón/lugar de reunión
- Área de corta
- Cargadero/borde de pista
- Cargadero secundario/parque de fábrica

✓ **Los medios:** las combinaciones más comunes de operaciones y medios se muestran en la siguiente tabla.

OPERACIONES – MEDIOS	MANUAL	TRACCIÓN A SANGRE	MECANIZADO		
			Cosechadora-apiladora	Cosechadora	Cosechadora-transportadora
APEO	Operario + motosierra	--	Cosechadora-apiladora	Cosechadora	Cosechadora-transportadora
PROCESADO	Operario + motosierra	--	Procesadora	--	--
DESCORTEZADO	Operario con herramientas manuales	--	Parcial, ciertas especies	Parcial, ciertas especies	Parcial, ciertas especies
			Descortezadoras portátiles o fijas		
REUNIÓN / APILADO EN MONTE	Operario con herramientas manuales	Reunión con tracción animal (mulas, caballos)	Cosechadora-apiladora	Cosechadora	--
			Winch de tractor de arrastre		
ASTILLADO	--	--	Astilladoras acoplables a tractor o camión		
DESEMBOSQUE ANIMAL	Operarios con o sin medios auxiliares	Con tracción animal (mulas, caballos)	Tractor de arrastre o agrícola adaptado		
			Tractor autocargador o agrícola adaptado		
			Cable de desembosque		



			Camión todo terreno con grúa
			Cosechadora-transportadora
APILADO EN CARGADERO O PISTA + CLASIFICACIÓN	Manual, con herramientas auxiliares	--	Tractor de desembosque
			Pala cargadora
CARGA EN CAMIÓN	Operarios con herramientas auxiliares	--	Pala cargadora
			Tractor de desembosque con grúa
			Grúa acoplada al camión de transporte
TRANSPORTE	--	--	Camión de transporte
			Otro medios: ferrocarril, barcos
ELIMINACIÓN DE RESIDUOS	Amontonado manual, quema o tratamiento	--	Astilladora o trituradora

Hay una clasificación generalmente aceptada, en función de la forma en que la madera se extrae de los montes: como *árboles completos*, *fustes enteros* o *madera corta* (trozas de longitud adecuada al ancho de la caja de los camiones de transporte). De estos tres sistemas fundamentales se derivan algunos otros.

Los sistemas de aprovechamiento se relacionan fundamentalmente con el **destino de la madera** (y, por ello, con sus dimensiones y calidad), por lo que los sistemas que extraen la madera en grandes longitudes (árboles completos, fustes enteros) se relacionan con industrias que requieren la madera en tal forma como materia prima (postes, sierra de calidad para cierto usos) o en los requerimientos dimensionales y de calidad son elevados, por lo que el tronzado y clasificación cuidadosos de la madera tienen una gran importancia económica (sierra, chapa); mientras que los sistemas de madera corta se asocian con destinos industriales poco exigentes en dimensiones o calidad (desintegración).

Además, hay una cierta relación entre *condiciones fisiográficas* y sistemas de aprovechamiento. Los sistemas de madera corta se asocian frecuentemente con el apilado manual de la madera después de su tronzado y con el empleo de medios de saca de gran capacidad pero movilidad y maniobrabilidad reducidas. Por ello, se suelen emplear en condiciones favorables, mientras que en zonas con mala movilidad, en que la reunión se complica y el tronzado de la madera supondría una dificultad adicional para su recogida y extracción, se prefieren sistemas de árboles completos o fustes enteros, por lo que se emplean con más frecuencia los tractores de arrastre o cables que sacan "en largo".

### SISTEMA DE ÁRBOLES COMPLETOS

Los árboles se extraen del área de corta sin tronzar ni desramar. Por ello, al apeo sigue la saca o desembosque, y es fuera del monte donde se producen las operaciones de procesado de la madera (en cargadero o a borde de pista, o frecuentemente incluso después del transporte, ya que en parque de fábrica).

Los medios empleados usualmente se resumen en la siguiente tabla:

OPERACIÓN - LUGAR	PIE DE TOCÓN	ÁREA DE CORTA	CARGADERO
Orden de operaciones	Apeo	Desembosque	Desramado y tronzado
			Carga y transporte
Otras operaciones menos frecuentes	--	--	Descortezado
			Astillado (total o parcial)
Maquinaria utilizada	Manual con motosierra	Tractor de arrastre	Procesadora o cosechadora
			Camión de transporte
Otras opciones menos frecuentes	Cortadora-apiladora	Cable aéreo	Camión con astillas
		Tracción animal	Procesadora
		Pies pequeños	Descortezadora
		Autocargador	Empacadora de astillas
		Cosechadora-transportadora de árboles completos	

Como **ventajas** se pueden citar:



- ✓ Mayor aprovechamiento de biomasa, dado que extrae un 30-40% más, procedente de ramas y hojas, que además tiene un alto contenido energético. Por ello se lo asocia frecuentemente al aprovechamiento energético de las ramas.
- ✓ Se hacen innecesarios los trabajos de limpieza de la zona de corta, lo que repercute en una mayor ahorro en costos de mano de obra, y en una importante ventaja en condiciones en que la eliminación de residuos sea imperiosa pero económicamente prohibitiva o de difícil realización práctica.

Frente a estas ventajas, el sistema presenta **importantes inconvenientes**:

- ✓ Los costos de saca se elevan considerablemente, por la mayor relación volumen/peso de la carga y su menor facilidad de manejo.
- ✓ El efecto del desembosque sobre el suelo, y más aún sobre la masa remanente y la regeneración, es muy negativo.
- ✓ Si no se aprovechan las ramas, se generan nuevos problemas por su acumulación en los cargaderos.
- ✓ En determinadas condiciones, puede dar lugar a una extracción de nutrientes de consecuencias indeseables.

Por todas estas ventajas e inconvenientes, sus **condiciones de aplicación** van asociadas a:

- ✓ **Uso energético de ramas o del árbol completo**
- ✓ **Costos salariales altos**
- ✓ **Cortas de cierta dimensión y densidad de corta**

Los resultados suelen arrojar un costo final por tonelada muy elevado en comparación con el sistema de madera corta, incluso cuando las ramas van a ser objeto de aprovechamiento energético.

### SISTEMA DE FUSTES ENTEROS

Se trata del sistema de aprovechamiento en que la madera se extrae del monte sin más preparación que su desramado y despunte. Es un sistema relativamente económico en operaciones manuales, pues, aunque el desramado es la operación más costosa, se evitan el tronzado y apilado manuales.

En España, el medio de corta más usual para este sistema es el manual (con motosierra), y los medios de saca pueden ser los mismos que en el sistema de árboles completos; animales de tiro y, sobre todo, tractores de arrastre con cable. También es posible el empleo de los cables aéreos de desembosque.

La saca con animales, al igual que en el caso de árboles completos, se restringe a las zonas en que aún se encuentran, y por razones de costos, a las pendientes difícilmente abordables por los tractores (más del 50-60%), en que trabajan por trochas de arrastre con respecto a la máxima pendiente, y a distancias cortas (no más de 150-200m). En estas condiciones, entran en competencia con los cables ligeros de desembosque.

Los tractores de arrastre sacan la madera en semiarrastre, la reúnen arrastrándola con el propio cabrestante del que disponen y pueden desemboscarla por calles o arrastraderos, a través de zonas con malas condiciones de movilidad, gracias a su pequeño tamaño, tracción total, dirección articulada y capacidad de superar obstáculos del terreno al independizarse de la carga, soltándola y después volviéndola a reunir con el cable desde una posición más segura.

En condiciones fisiográficas más desfavorables, como se ha indicado, a veces se emplean los tractores para el arrastre en calles orientadas en máxima pendiente, cableando desde las pistas, sin entrar a las masas.

La saca con cables ligeros (100-200m de longitud) consiste en el transporte de madera semiarrastrada a lo largo de calles estrechas en máxima pendiente, y tiene la ventaja de reducir el dañino arrastre total de la madera a la reunión lateral, en distancias que no suelen superar los 20m. Este sistema se usa mucho en países con fisiografías montañosas, y es sustituido por los grandes cables (teleféricos forestales) allí donde no es posible la apertura de la red de vías que le debe servir de base.

Las posibilidades más comunes son las que se resumen en la siguiente tabla:

OPERACIÓN - LUGAR	PIE DE TOCÓN	ÁREA DE CORTA	CARGADERO
Orden de operaciones	Apeo	Desembosque	Carga
	Desrame y despunte	Limpieza de residuos	Transporte
Otras operaciones menos	Descortezado	--	Descortezado



frecuentes			Tronzado Clasificación
Maquinaria utilizada	Manual con motosierra	Tractor de arrastre Manual por quema	Camión de transporte
Otras opciones menos frecuentes	Cortadora-apiladora + procesadora	Cables aéreos	
		Tracción animal	
		Pies pequeños	
	Cosechadora	Autocargador Astilladora o trituradora	
	Cosechadora-transportadora de fustes enteros		

El sistema de fustes enteros, con cualquiera de estas tecnologías, conjuga algunas **ventajas** del sistema de árboles completos (como la limitación del número de operaciones manuales a realizar en el monte, la facilidad de tronzado y clasificación fuera del monte de madera valiosa o requerida en grandes longitudes, o la adaptación a medios escabrosos, en que el tronzado sólo supondría dificultad adicional para la reunión y enganche de la madera), con otras ventajas propias del sistema de madera corta (reducción relativa de los costos del desembosque y de parte de sus efectos desfavorables).

Sus **inconvenientes** se relacionan con los mayores costos de las operaciones manuales y la dificultad en la eliminación de los residuos (frente al sistema de árbol completo) y con los mayores costos de saca (frente al sistema de madera corta).

Por ello, sus **condiciones de aplicación** son las siguientes:

- ✓ Necesidad de aprovechamiento de la madera en toda su longitud o en grandes longitudes.
- ✓ Dificultades de movilidad en el terreno.
- ✓ Últimos aclareos.
- ✓ Gran densidad de corta y volumen total extraído.

### SISTEMA DE MADERA CORTA

Es aquel e que la madera se extrae del monte en forma de trozas de unos 2 a 2,5m de longitud, para lo que es necesario llevar a cabo, a pie de tocón, operaciones de desrame y despunte, tronzado y reunión/apilado.

En España, aunque se extiende la mecanización de las operaciones iniciales en los lugares en que es técnicamente posible, lo más común es el apeo y procesado manuales (con motosierra) y la saca con tractor autocargador de apilado transversal (o agrícola adaptado con grúa y remolque), común en condiciones buenas o intermedias de movilidad, o con tractor de arrastre (o adaptado) con la carga de trozas suspendida de la trasera del tractor, en el sistema conocido como *Saca en paquetes*, en terrenos más desfavorables. En ambos casos, los tractores suelen discurrir por calles estrechas, en línea de máxima pendiente. Estos medios y algunos otros alternativos se exponen a continuación:

OPERACIÓN - LUGAR	PIE DE TOCÓN	ÁREA DE CORTA	CARGADERO
Orden de operaciones	Apeo	Desembosque	Carga
	Desrame y despunte		
	Tronzado	Limpieza de residuos	Transporte
	Reunión y apilado		
Otras operaciones menos frecuentes	Descortezado		Descortezado Tronzado Clasificación
Maquinaria utilizada	Manual con motosierra	Tractor autocargador	Camión de transporte
		Tractor de arrastre	
		Saca en paquetes	
Otras opciones menos frecuentes	Cortadora-apiladora + procesadora	Cables aéreos	
		Tracción animal	
		Astilladora o trituradora	
		Cosechadora-transportadora de fustes enteros	

Las principales **ventajas** del sistema de madera corta son la economía y transporte, pues se usan medios de gran capacidad (especialmente autocargadores), se aumenta el coeficiente de apilado y se evita el potencialmente dañino arrastre de la madera, que sustituye por su reunión y apilado manuales.





Los **inconvenientes** son los complementarios a las ventajas de los métodos anteriores, como los problemas de eliminación de residuos, la mayor elaboración en monte o la imposibilidad de uso si se requiere un destino de grandes longitudes para la madera. Este último inconveniente ha sido paliado, como veremos, en los sistemas de apeo y apilado mecanizados, que tiene el handicap de sus restringidas condiciones de aplicación (pendientes menores al 20-25%).

### OTROS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO

- ✓ **Sistema de madera larga:** es un sistema en que la única diferencia con el de madera corta es la longitud de trozas, que se eleva a los 4 o 5m.
- ✓ **Sistema de madera clasificada a longitudes variables:** es similar al anterior, con la diferencia de que se producen pilas con madera de longitudes distintas en función de los destinos.
- ✓ **Sistema de astillas:** se trata de un sistema de poca aplicación actual en nuestro país, que se relaciona con el uso energético de las astillas provenientes básicamente de aclareos. La madera se extrae del monte ya astillada.

## FILMINAS

### VARIABLES PARA ELECCIÓN

#### TERRENO

- TOPOGRAFIA (en laderas costos de construcción de caminos, mantenimiento y erosión).
- SUELO (limosos y de arcilla requiere estabilizarse).
- PENDIENTE (bajada y subida, límite de utilización de maquinaria skidder, forwarder)
- ESCABROSIDAD
- UTILIZACIÓN DE ORUGAS O RUEDAS DE ACUERDO, A LA CAPACIDAD PORTANTE (ruedas 1,1-1,4 kg/ cm<sup>2</sup>, oruga se reduce al 50 %, o ruedas de mayor sup de apoyo).

#### MASA FORESTAL

Volumen a aprovechar- densidad de caminos, a menor volumen por ha, mayor el espaciamiento o menor la densidad de camino por ha.

Arboles pequeños 20 cm pueden manejarse manualmente.

No superior a 30 a 40 kg .

Arboles mayores deben ser arrastrados o suspendidos

Volumen individual

#### CONDICIONES CLIMÁTICAS

- *Temperaturas y humedad(para el trabajo físico, puede ser motivo de mecanizar.*
- Estacionalidad (época lluviosa, o nieve)
- Horas de maquinaria en el año.
- Altitud disminución de rendimiento.

#### ORDENACIÓN Y SILVICULTURA

Régimen (tala rasa, entresaca)

Restricciones

#### LONGITUD O TIPO DE PRODUCTO

ASERRADERO, PULPA

#### MANO DE OBRA

1. Disponibilidad
2. Experiencia
3. Nivel salarial
4. Cargas sociales
5. Distancia a poblados, alimentación, campamentos, forma de pago, incentivos, bienestar social.

#### MAQUINARIA

**Disponibilidad horas año - Reparación - Repuestos**

#### MEDICIÓN DE LA PRODUCCIÓN

(que no interrumpa las operaciones)

- salarios

- canon
- control



## CLASE DE CORTE

### MAQUINARIA AUTOMOTRIZ PARA EL APEO Y PROCESADO DE LA MADERA

Se caracteriza, en general, por formar parte de un tractor o ir acoplada al mismo. El tractor proporciona a este tipo de máquinas, por una parte, la capacidad de movimiento necesaria para aproximarse a los árboles a cortar o procesar y, por otra, la fuerza motriz necesaria para efectuar el apeo y otras funciones de procesado.

#### LAS MÁQUINAS CORTADORAS-APILADORAS (Feller-Buncher)

La cortadora-apiladora es una máquina automóvil cuya función es el apeo de árboles y el apilado de éstos en fajos o pilas de cierto número de unidades.

El elemento característico de un feller-buncher es el **cabezal de corte** con el que realiza el apeo. Es un dispositivo formado por una o varias garras de sujeción del árbol y por un elemento de corte.

Las garras suelen consistir en dos piezas robustas de acero, de forma curvada para adaptarse al tronco del árbol. Están situadas en un plano horizontal, con un extremo sujeto a una articulación que les permite moverse en su plano, bien aproximándose entre sí ambas garras (cierre) o separándose (apertura). Estos movimientos los proporcionan dos émbolos de accionamiento hidráulico.

El elemento de corte puede ser una sierra de cadena o una cuchilla:

✓ **Elemento de apeo mediante sierra de cadena:** el sistema de corte es idéntico al de la motosierra. Sin embargo hay algunas diferencias:

- El movimiento de la cadena no se produce por el accionamiento directo de un motor de explosión, sino por la fuerza ejercida por un circuito hidráulico a través de una bomba.
- La potencia de la sierra suele ser bastante superior a la de una motosierra (13 kW).
- El movimiento de avance en la profundidad de corte se produce por rotación de la espada alrededor de uno de sus extremos sujeto a una articulación.
- **Elemento de apeo mediante cuchillas:** efectúan el corte con cuchillas que penetran en la madera por efecto de la presión del sistema hidráulico. En un primer momento, por efecto de la presión de la cuchilla sobre la madera, ésta se comprime y se deforma. Cuando la presión supera el límite de rotura de la madera, la cuchilla penetra.

La elección entre uno u otro de los diferentes tipos de cabezales de corte se puede basar en las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos:

- ✓ **Peso del cabezal:** los cabezales de corte mediante sierra de cadena son notablemente más ligeros que los de cuchillas.
  - ✓ **Velocidad de corte:** la velocidad de corte es mayor en las cuchillas que en la sierra de cadena.
  - ✓ **Calidad del corte:** mientras que la sierra de cadena efectúa un corte limpio, las cuchillas dejan una sección de corte muy deteriorada, con aparición de fendas y deformaciones en la madera hasta una altura de 25 cm.
  - ✓ **Aprovechamiento del fuste:** la mayor robustez de la cuchilla hace que el maquinista no tenga tanto reparo en aproximarse al suelo, y por lo tanto aproveche unos centímetros más de fuste, lo que supone una cantidad de madera que en algún caso llega al 5% del total del volumen de la explotación.
  - ✓ **Potencia requerida:** la energía necesaria para el corte mediante cuchillas es de tres a cinco veces más elevada que mediante sierra de cadena y aumenta con el diámetro del árbol a cortar.
- En resumen, vistas las ventajas e inconvenientes que presentan cada uno de los tipos de cabezales de corte, no existe una clara diferencia que permita señalar un tipo como idóneo en todas las circunstancias.

Existen diversos tipos de máquinas cortadoras-apiladoras. Los cabezales de corte de estas máquinas pueden situarse en el extremo de una grúa o bien en la parte frontal de la máquina, uniéndose a ella mediante dos brazos de volteo. Esta diferencia de diseño lleva consigo una forma diferente de actuación y un ámbito de aplicación distinto, por lo que es la característica principal que se utiliza para clasificarlas:

✓ **Cortadora-apiladora con cabezal en punta de grúa:** es una máquina que no necesita sitiarse en la base del árbol para apearlo, bastando colocarse a una distancia de entre 6 y 14 m de la misma



(alcance de la grúa). Su procedimiento operativo consiste en el posicionamiento de la máquina a esta distancia del árbol en una posición estable, y la aproximación por medio de la grúa, del cabezal al árbol, situándolo en su base con las garras abiertas alrededor del fuste. Tras el cierre de las garras de sujeción alrededor del árbol, el elemento de corte actúa y lo apea. Cortado el árbol, la máquina lo levanta ligeramente con la grúa y lo voltea, depositándolo finalmente en el suelo. Sin mover el tractor, el maquinista vuelve a dirigir la grúa a otro árbol y, tras apearlo, lo coloca sobre el anterior formando una pila. De esta forma la máquina tala y apila los árboles situados dentro del radio de acción de la grúa sin necesidad de moverse. Los riesgos de vuelco debido a los momentos ocasionados por las cargas en el extremo del brazo dificultan su utilización, en el caso de máquina base de envergadura media, en pendientes superiores al 25% aunque este límite depende del peso de los árboles.

✓ **Cortadora-apiladora con cabezal incorporado al chasis:** se caracteriza por tener que situarse al lado de cada árbol para poder efectuar su apeo, lo que obliga a desplazamientos y maniobras que consumen mucho tiempo. Este grave inconveniente hizo evolucionar a estas máquinas hacia la especialización en trabajos de claras, aunque están casi en desuso. En tal caso, se disponen sobre un tractor de dimensiones muy reducidas, que facilita su movimiento por el interior del monte. La forma de operar es la siguiente: el tractorista conduce la máquina hasta la base del primer árbol a cortar, actúa sobre las garras de sujeción para rodearlo por su base y después sobre el elemento de corte para llevar a cabo su apeo. Se puede proceder como en el caso anterior, volteándolo y depositándolo en una pila, pero hay máquinas de apeo múltiple, que sin soltar el primer árbol apeado, se dirigen al segundo, lo cortan, y sin soltarlos se dirigen a un tercer árbol y así sucesivamente. Una vez que una máquina de este tipo tiene un haz de árboles suficientemente grande, gira el cabezal de corte depositándolos en el suelo y repite el ciclo. El terreno no puede ser escabroso, ni tener una pendiente superior al 20%.

### LAS MÁQUINAS PROCESADORAS

El primer problema que surge al hablar de procesadoras y cosechadoras es el de su propia denominación. En el presente texto se seguirá la terminología más aceptada internacionalmente, según la cual *procesadora* es la máquina que desrama y tronza el árbol después de apeado, pudiendo realizar alguna otra función como la clasificación o el apilado. La máquina que, además de estas funciones, realiza el apeo, es denominada *cosechadora* (=harvester).

Las máquinas procesadoras automotrices, constan de los siguientes elementos característicos:

- ✓ **La máquina base.**
- ✓ **La grúa.**
- ✓ **La plataforma de procesado.**

En el procedimiento operativo de la elaboración de madera mediante procesadora, la máquina circula por el monte hasta situarse próxima a la primera pila de árboles apeados, en cuyo momento se estaciona y empieza a trabajar. La grúa se aproxima a la pila y atrapa, mediante la pinza o grapa, uno de los árboles previamente reunidos, alineándolo con la testa más gruesa entre los rodillos de sistema de alimentación. Éstos se cierran, aprisionándolo y comienzan a girar, con lo que le obligan a pasar por los útiles de desrame y de tronzado. Mientras se lleva a cabo el desrame y el tronzado del árbol, el maquinista dirige de nuevo la grúa para capturar y aproximar el segundo árbol al sistema de alimentación. Procesado el primer árbol, el operario deposita el segundo sobre los rodillos, volviendo a emplear la grúa para enganchar el tercero. Mientras agarra y aproxima el tercer árbol, los rodillos alimentadores obligan a pasar el segundo fuste por la desramadora y tronzadora, reiniciándose el ciclo.

### LAS MÁQUINAS COSECHADORAS (harvester)

Las cosechadoras son siempre máquinas automóviles, por lo que, a diferencia de las procesadoras, se clasifican en función del número de elementos de trabajo:

- ✓ **Cosechadora con cabezal único de apeo y procesado:** (=one grip harvester) son las que cuentan con un solo cabezal unido al extremo de un brazo mecánico. Con él efectúan el apeo, el desrame y el tronzado.
- ✓ **Cosechadora con cabezal de apeo en punta de grúa y plataforma de procesado:** (=two-grip harvester) son aquellas que disponen de un cabezal sólo para el apeo, dispuesto en el extremo de



una grúa, y de una plataforma de procesamiento situada en el semichasis trasero. Estas cosechadoras ofrecen la ventaja de poder realizar el desrame y el tronzado, al tiempo que el cabezal de apeo se dirige a otro árbol para iniciar su apeo, consiguiendo teóricamente una mayor productividad. Como contrapartida, tienen peor movilidad que las cosechadoras de cabezal único, mayor costo de adquisición y mayor complejidad, que da lugar a problemas de mantenimiento y reparaciones.

La característica principal de las cosechadoras de cabezal único en punta de grúa, que las diferencia de las procesadoras, es su cabezal de apeo. Está compuesto por unas garras de sujeción del árbol, un dispositivo de apeo (similar al de una cortadora-apiladora), un sistema de alimentación y un elemento desramador (generalmente análogos a los de una procesadora).

El sistema de alimentación es el único elemento que puede presentar alguna diferencia en relación con lo descrito para las procesadoras. Puede ser:

- ✓ **Sistema de alimentación por rodillos:** es el sistema más utilizado.
- ✓ **Sistema de alimentación por brazo extensible.**

En el procedimiento operativo para el trabajo de cosechadoras forestales se distinguen diferentes técnicas de funcionamiento, según el tipo de máquina:

- ✓ **Cosechadoras con cabezal de apeo y procesamiento en punta de grúa:** la máquina circula por el monte hasta situarse al alcance del árbol a cosechar. Se estaciona y, operando la grúa, sitúa el cabezal en la base del árbol. El cabezal corta el árbol y lo voltea, posicionándolo horizontalmente, momento a partir del cual empieza a funcionar como procesador, desramándolo y tronzándolo. Sólo cuando ha concluido de procesar el árbol, la máquina puede iniciar el apeo de otro.
- ✓ **Cosechadoras con cabezal de apeo en punta de grúa y plataforma de procesamiento independiente:** el posicionamiento y el apeo se realizan de la misma forma que en el caso anterior. Talado el árbol, el maquinista lo sitúa mediante la grúa en el sistema de alimentación de la plataforma procesadora. Una vez que el árbol se está procesando, el maquinista puede dirigir la grúa hacia otro árbol y talarlo, sin necesidad de esperar a que concluya el procesamiento del anterior.

## LAS MÁQUINAS COSECHADORAS-TRANSPORTADORAS

Bajo el nombre de cosechadoras-transportadoras se incluyen todas las máquinas que además de realizar alguna operación de transformación del árbol (apeo, desrame, tronzado, astillado...), llevan a cabo su desembosque hasta cargadero o borde de pista.

Según las operaciones que realizan, estas máquinas se clasifican en:

- ✓ **Desramadora-transportadora:** es una máquina que desrama y transporta la madera generalmente en fuste completo y por arrastre. Un caso típico es el de un skidder con garra al que se le incorpora un mástil abatible telescópico sobre la cabina.
- ✓ **Cortadora-transportadora:** lleva a cabo las funciones de apeo y desembosque de la madera por el sistema de árbol completo, pudiendo transportar los árboles por arrastre o suspensión. La máquina que realiza el transporte en suspensión tiene como base una cortadora-apiladora de brazo articulado y base giratoria, a la que se incorpora en el semichasis trasero una caja que transporta los árboles enteros.
- ✓ **Cortadora-transportadora de fustes enteros:** es una máquina análoga a la precedente, a la que se incorpora en el cabezal de corte unos rodillos alimentadores y unas cuchillas desramadoras, con lo que la máquina apea, desrama y saca la madera en forma de fustes enteros hasta cargadero o borde de pista.
- ✓ **Cortadora-transportadora de madera corta:** representa la máxima mecanización, al realizar a pie de tocón la totalidad de las operaciones de transformación del árbol y, a continuación, llevar también a cabo la saca de la madera hasta cargadero o pie de pista.



Factores de influencia en el corte

1- LUGAR

Clima	Temperatura Precipitación anual Distribución de las pp.
Topografía	Macrorelieve Microrelieve Rugosidad Altitud
Tipo de suelo	Horizonte superficial Textura Estructura Propiedades mecánicas Resistencia a la rodadura Compactabilidad Infiltración Humedad
Sotobosque	
Restricciones legales	

2- Especie forestal

- DAP
- Factor de forma
- Volumen aprovechable / - Volumen individual
- Peso específico
- Tipo de producto
- Grado de elaboración

3- Comunidad

- Bosque nativo / plantaciones
- Densidad (espaciamiento)
- DAP (Dist diamétrica)
- Vol / ha
- Dist. Altimétrica
- Dist. Espacial
- Dist. De sps y edades
- Tratamientos silviculturales
- Tipo de intervención
- Estructura

4- Medio de producción utilizado (#)

5- Operarios

Biotipo / Peso, edad, características antropométricas / Salud / Entrenamiento / Forma de pago / N° de operarios / Grado de interligación / Motivación / satisfacción / Técnica de trabajo / Modo de trabajo / Pausa controlada / Trabajo diurno-nocturno / Turno de trabajo / Período de trabajo / Grado de organización (sindicatos).

6- Forma del corte

\* Dirección del corte

7- Grado de conexión con las actividades anteriores y posteriores

---

(#) 4- Medios de producción para el corte:



4.1- Hachas

4.2- Sierras manuales

4.2.1- Two –man crosscut saws (trazadera) (+30 cm)

4.2.2- Bow saws, sierras de arco (-30 cm)

4.3- Motosierra

Elementos / Sistema de seguridad / Motor / Carburador / Filtro de Aire / Ignición / Sistema de arranque / Embrague / Bomba de aceite.

- Clasificación

Hobby / Profesional / Cilindrada / Potencia / Peso / Relación Peso Potencia / Espada / Ignición / Precio / Asistencia Técnica.

- Conjunto de corte

a) Cadena: Diente de corte, eslabón de unión, eje de tracción. Ángulos de los dientes, afilado, paso.

b) Espada: - Sables enteros, con metal duro en la punta.

- Sable con punta rodante o roldana.

- Sable con estrella.

c) Piñón : con estrella / con tambor y roldana.

4.4- Feller Buncher

Diseñados para cortar y apilar árboles. Según FAO dos tipos principales:

a) Los que están equipados con brazo articulado (puede ser montadas en otra máquina base).

b) Máquina de base corta (giro de la máquina entera).

El elemento de corte puede ser motosierra, disco o cizalla (tijera).

En general tienen limitaciones con el diámetro de corte (30-45 cm). Aunque existen máquinas (Koehring) que van hasta 76 cm.

4.5- Harvester

Máquina para cortar, desramar, trozar, apilar madera, con opción de descortezar dentro del bosque.

Puede acumular dependiendo de la máquina (One-grip, Two-grip). El primero (one-grip) es más liviano (1.000 kg) y flexible. Máquina preparada para pequeños árboles, puede ser montada en otra máquina base.



## EXTRACCIÓN

### Definición

La saca es el proceso de transporte de los árboles o rollizos desde la zona de corta hasta un cargadero o un apartadero en la carretera, donde serán convertidos en trozas o apilados junto a otros árboles para su transporte a la fábrica de elaboración o hacia otro destino final. Existen varios sistemas de saca reconocidos: saca por arrastre, saca con vehículos que transportan la carga levantada del suelo, saca con cable, saca aérea, saca con animales de tiro, entre otros.

### Orientaciones generales

Con independencia del sistema de explotación maderera que se emplee, la saca es una operación difícil y arriesgada que puede causar graves daños a los ecosistemas forestales. Para realizar las operaciones de extracción de forma eficaz, segura y respetuosa del medio ambiente es importante que los supervisores y los trabajadores posean una buena preparación.

Los daños que sufren los ecosistemas forestales durante el proceso de extracción son, generalmente, de tres tipos:

- alteración y compactación del suelo que, si alcanzan un nivel excesivo, pueden aumentar el potencial de erosión, retrasar el crecimiento de los árboles que se conservan y dificultar el establecimiento o la regeneración de la masa arbórea.
- daños a los arroyos, ya sea por vía directa cuando las máquinas de arrastre cruzan los cursos de agua que no han sido protegidos o arrastran los troncos por ellos, o por vía indirecta al introducir sedimentos o combustible y lubricantes en los arroyos desde las pistas de arrastre y otras zonas de suelos alterados;
- daños a los árboles remanentes y a otra vegetación, que pueden entorpecer la recuperación del bosque y reducir el volumen y el valor de la madera disponible para el aprovechamiento sucesivo.

Una operación de saca bien organizada y adecuadamente supervisada debe alcanzar los siguientes objetivos:

- conseguir la mayor productividad posible en el proceso de extracción;
- garantizar la seguridad de los equipos de desembosque y del personal que trabaja en las zonas contiguas;
- reducir al mínimo la compactación y alteración del suelo ocasionadas por las operaciones de saca;
- reducir los daños a los árboles que quedan en pie y a los brinzales, especialmente los que se considera que habrán de ser aprovechados en el futuro;
- conducir al cargadero todas las trozas que ha preparado para la saca el equipo de corta sin merma importante de volumen ni deterioro notable de la calidad.



Tractor de desembosque con ruedas reuniendo una carga de trozas para el desembosque en una plantación forestal tropical. El arco integral permite levantar del suelo el extremo frontal de la carga durante el arrastre.

### Consecuencias que pueden acarrear las operaciones de saca inadecuadas

Las siguientes son algunas de las consecuencias que pueden acarrear las operaciones de saca inadecuadas:

- problemas de inseguridad y elevados costos en concepto de seguros o compensaciones;
- baja productividad y costo elevado de las operaciones;
- imposibilidad de transportar al cargadero todas las trozas preparadas para el desembosque;



- disminución del volumen o del valor de las trozas en el proceso de extracción;
- daños excesivos a suelos y arroyos;
- deterioro de la calidad del agua y pérdida del hábitat de vida acuática;
- daños excesivos a los árboles que quedan en pie y a los brinzales.

### **Maquinaria utilizada para la saca de madera por el sistema de arrastre**

#### **Tractor de desembosque con ruedas**

· Como norma general, para la extracción de trozas son preferibles los tractores con ruedas a los tractores de orugas. A diferencia de estos últimos, una maquinaria para uso general y utilizada especialmente en la construcción y excavación, los tractores de desembosque con ruedas se destinan específicamente a la extracción su gran maniobrabilidad permiten reducir los daños a los árboles y al suelo. Suelen ser más estrechos que los tractores de oruga y tienen palas más pequeñas que, por tanto, pasan más fácilmente entre los árboles que quedan en pie sin dañarlos y sin remover excesivamente el suelo, lo cual desencadenaría la erosión.

#### **Tractor de orugas**

· Los tractores de orugas se utilizan frecuentemente en la explotación forestal, tanto para la construcción y mantenimiento de las carreteras como para la extracción de madera. Esa funcionalidad de funciones les confiere una cierta ventaja de carácter económico sobre los tractores de ruedas. Por estar equipados con orugas de acero y grandes palas, los tractores de orugas pueden utilizarse en pendientes muy abruptas. Por otra parte, los operarios que manejan las máquinas tienden a excavar vías de arrastre continuamente, en lugar de hacerlo sólo cuando es necesario por razones de seguridad o eficacia. Así pues, cuando se utilizan tractores de orugas para la saca de madera se altera innecesariamente el suelo y se causa un daño excesivo a los árboles remanentes y a la masa en regeneración. Pero a pesar de esos problemas, hay que reconocer que en muchas zonas forestales, particularmente en terrenos de fuerte pendiente donde predominan los árboles de gran tamaño y con un índice elevado de precipitaciones, este tipo de vehículos continuarán siendo los más utilizados para la extracción maderera. Por lo tanto, para limitar los problemas que causan esas máquinas es esencial la formación y la estrecha supervisión de los operarios que las manejan.

#### **Tractor agrícola**

· La utilización de tractores agrícolas puede ser una opción conveniente cuando los árboles por talar son relativamente pequeños y el terreno no es muy abrupto. Al no haber sido diseñados para la explotación maderera, pueden plantearse graves problemas de seguridad y deben ser objeto de modificaciones que permitan prolongar su vida útil y su utilización con un margen mayor de seguridad en las actividades forestales. Con esas modificaciones, los tractores agrícolas son una excelente solución tanto en los bosques pequeños privados como en los países en desarrollo, en los que es más fácil conseguir maquinaria agrícola que maquinaria forestal especializada. Los tractores agrícolas son idóneos para las plantaciones forestales, particularmente cuando, como en los aclareos, se extraen troncos de pequeño tamaño.

· Con independencia del equipo que se utilice para las tareas de desembosque, las maquinarias deben tener el tamaño y la potencia adecuadas para las operaciones que van a realizarse. La anchura de la pala no debe superar los 3 m (con 2 m suele ser suficiente) y la máquina debe estar equipada con un cabrestante mecánico con 30 m de cable por lo menos y con un arco u otro tipo de apoyo que permita levantar del suelo uno de los extremos de la carga, de manera que las trozas no remuevan la tierra durante el arrastre.

Las operaciones de desembosque deben interrumpirse por completo cuando el tiempo es excepcionalmente lluvioso, pues en esas condiciones aumentan la erosión y otro tipo de daños, disminuye la eficiencia de las operaciones, incrementa el número de accidentes y los costos de explotación pueden doblarse o triplicarse. Aunque la maquinaria moderna está mecánicamente capacitada para funcionar en laderas de pendiente muy pronunciada, su utilización en esas circunstancias aumenta la perturbación del suelo, disminuye el rendimiento y produce una mayor depreciación de la máquina. Así pues, en las operaciones de saca por arrastre deben evitarse las laderas muy empinadas.





Utilización de un tractor agrícola para el arrastre de troncos. Obsérvese la protección para el conductor y el mecanismo que permite levantar del suelo el extremo frontal de las trozas



Densidad excesiva de vías de arrastre en un bosque natural en los trópicos. Puede causar una grave erosión del suelo y la sedimentación de los cursos de agua. Estos problemas se pueden paliar recurriendo a un sistema de vías de arrastre señaladas y exigiendo que los vehículos de desembosque permanezcan en ellas en todo momento

Desde el punto de vista ambiental, las vías de arrastre son el aspecto más problemático en la saca por arrastre. Según el método que se aplica tradicionalmente en muchas zonas del mundo para la saca de madera, una vez concluida la operación de corta, la máquina de desembosque recorre el bosque en busca de las trozas que han de ser arrastradas hasta el cargadero. Cuando encuentra una troza, el operario la engancha a la máquina y se dirige al cargadero, algunas veces por la misma pista pero otras siguiendo una dirección diferente porque considera que llegará más rápidamente a su destino. Este método da lugar a la existencia de una red extraordinariamente densa de caminos de saca.

Las vías de arrastre han de ser lo más rectas posibles, describiendo curvas cuando es necesario alcanzar la madera marcada para la corta, evitar los suelos húmedos e inestables y las laderas de pendiente muy pronunciada. En las laderas con una pendiente superior al 30% (17°), las vías de arrastre han de trazarse en perpendicular a la pendiente.

Una vez concluidas las operaciones de aprovechamiento, deben realizarse zanjas de drenaje y desagües transversales en las vías de arrastre y otros lugares en los que se ha alterado el suelo. Esas zonas han de dejarse en una condición que permita restaurar rápidamente la vegetación. Si es necesario, se han de abrir surcos y sembrar gramíneas u otras plantas de crecimiento rápido.

### **Vehículo para transportar la carga levantada del suelo**

Estos vehículos son máquinas de saca que transportan la carga de troncos totalmente levantada del suelo, ya sea sobre su propio bastidor o sobre un remolque. Gracias a ello perjudican menos al suelo que la maquinaria de saca por arrastre. Normalmente, están provistos de un mecanismo, una grúa hidráulica o mecánica, para la carga y descarga de las trozas. Este tipo de vehículos se ha diseñado especialmente para utilizar la información más reciente sobre las cuestiones ergonómicas y para fomentar la seguridad. Frecuentemente se utilizan junto con otro equipo de corta y elaboración mecanizado, aunque ello no es indispensable. Se recomiendan las siguientes prácticas:

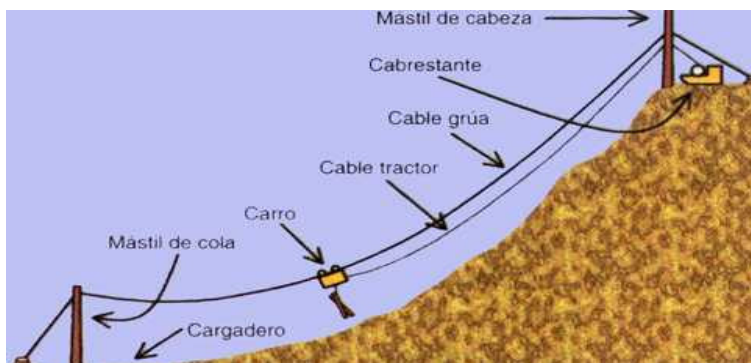
- Para obtener un mayor rendimiento de estos vehículos las trozas deberán tener aproximadamente el mismo tamaño.



- En relación a lo que ocurre en el desembosque por arrastre, la productividad de este tipo de vehículos no depende tanto de la distancia de extracción. Esta puede ser de dos a cuatro veces mayor que en el caso de que se utilice maquinaria de saca por arrastre. Ello permite reducir la densidad de caminos de saca forestales.
- Para garantizar una cierta estabilidad de la carga y evitar que vuelque, las pistas por las que circulan deben estar en mejores condiciones que las que utilizan los tractores de ruedas. Cuando el terreno es empinado, el trazado de las pistas ha de ser perpendicular a la ladera, tanto en sentido ascendente como descendente. Los tocones y la vegetación del sotobosque se han de cortar a ras de tierra y la maleza cortada puede extenderse sobre la pista para proteger el suelo.
- En las zonas en las que el suelo está húmedo o se compacta fácilmente, hay que utilizar neumáticos de alta flotación para reducir la compactación del suelo.
- Una de las ventajas de estos vehículos es que pueden descargar los rollos directamente en un camión o apilarlos al borde de los caminos forestales, donde más tarde los cargarán los camioneros. Por ello, muchas veces no hace falta construir cargaderos.

### Sistemas de saca con cable

Los sistemas de saca con cable difieren sustancialmente de otros métodos de saca. Consisten en utilizar uno o más cables suspendidos para transportar las trozas desde la zona de corta hasta los puntos de carga. El manejo de los cables se realiza por medio de un cabrestante (llamado también malacate) que puede instalarse en el cargadero o en el extremo opuesto del recorrido del cable, generalmente en un punto elevado. Cuando se trata de una corta parcial, se desbroza un corredor estrecho en el que se tienden los cables levantados del suelo, situando cerca del cabrestante un mástil de cabeza, que puede ser un árbol o una torre de acero.



Sistema de cable aéreo utilizado para el desembosque de trozas en terreno abrupto. Se ha establecido para conducir las trozas a un cargadero situado mas abajo, cerca del mástil de cola, situado en la parte inferior de la figura

Aunque existen diferencias notables entre los diversos sistemas de cable aéreo o cable grúa, todos ellos comparten las siguientes características:

- utilizan un cable elevado para suspender las trozas;
- un carro, que se desplaza por el cable principal, conduce las trozas hasta el cargadero y devuelve los enganches vacíos al lugar de corta;
- existe un mecanismo para desplazar lateralmente un cable hasta las trozas que se han de extraer y para hacerlas llegar hasta el cable principal;
- durante el trayecto, a lo largo del cable aéreo, las trozas están levantadas del suelo total o parcialmente, lo cual reduce o elimina totalmente la alteración del suelo a lo largo del recorrido del cable;
- A diferencia de lo que ocurre en los sistemas de arrastre, en los sistemas de saca por cable la fuerza motriz no se desplaza por el terreno. Esta es una ventaja importante que permite utilizarlos en condiciones más adversas, ya sea en terrenos muy abruptos o en zonas en las que el suelo está permanentemente encharcado.



### **Sistemas de saca aérea**

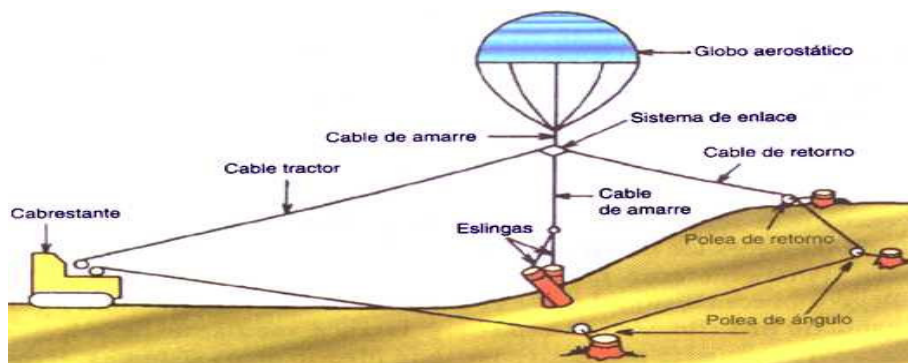
Los sistemas de saca aérea son aquellos en los que las trozas permanecen totalmente suspendidas en el aire durante todo el proceso. Por lo general, los sistemas de cable aéreo no cumplen esta condición porque en el transporte lateral no levantan la carga del suelo y a veces también la arrastran en la operación central de desembosque, según la dimensión de las trozas y la distancia entre el suelo y el cable aéreo.

En la actualidad, existen dos sistemas de saca aérea: la saca mediante globo aerostático y la saca mediante helicóptero. Aunque se han ideado otros sistemas, éstos no han superado aún la fase experimental.

### **Sistemas de saca con globo aerostático**

Los sistemas de saca con globo aerostático son sistemas de cable en los que la carga se levanta del suelo por medio de globos que contienen un gas menos denso que el aire (generalmente helio), que proporciona la fuerza ascensional. Para trasladar el globo, junto con la carga, hasta el cargadero y hacerlo retornar con los enganches a la zona de corta una vez depositada la carga, se utilizan cables que se arrollan en los tambores de un cabrestante. El desembosque con globos aerostáticos exige también que las unidades de corta sean extensas, para que se puedan compensar los elevados costos fijos que comporta instalar el sistema en un cargadero. Cuando se cumplen estas condiciones, los sistemas de extracción con globo aerostático causan pocos daños al suelo y reducen notablemente la densidad de pistas forestales, pues permiten alcanzar grandes distancias desde el cargadero. En la actualidad, los sistemas de saca con globo aerostático se utilizan en muy pocos lugares porque exigen una fuerte inversión inicial y disponer de equipo y mano de obra especializados.

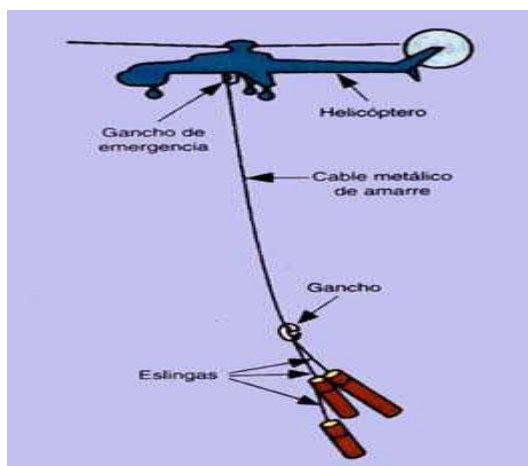
Configuración de un sistema de saca con globo aerostático



### **Sistemas de saca con helicóptero**

Los sistemas de saca con helicóptero son análogos, en su concepción, a los sistemas de arrastre, con la salvedad de que como el transporte se efectúa con helicópteros las trozas se trasladan por el aire desde la zona de corta hasta el cargadero en lugar de ser arrastradas por el suelo. Los helicópteros que se utilizan para la explotación maderera son de tres tipos.

Todo el mundo admite que los costos directos de la saca con helicóptero son varias veces más elevados que los de otros sistemas de saca. Sólo el coste del combustible es elevado, si a eso se añade el costo del helicóptero por hora de funcionamiento, las piezas de repuesto, el mantenimiento, el seguro y el salario de la tripulación, el resultado es que el coste horario de un helicóptero pesado es mayor que el de un aserradero de tamaño medio. Por el contrario, el hecho de que un solo helicóptero sea suficiente para realizar las operaciones de saca en un radio de acción de varios kilómetros desde el cargadero, permite un gran ahorro en la construcción de caminos y elimina una causa importante de impacto ambiental. Además, el desembosque con helicóptero anula casi por completo la degradación del suelo y los daños a los árboles residuales, salvo el que se produce en las operaciones de corta, carga y transporte. Por tanto, en algunos casos, particularmente cuando se ha de extraer madera de gran calidad, el elevado costo del helicóptero puede compensarse con el ahorro en la construcción de caminos y el valor intrínseco del muy bajo impacto ambiental. Sin duda, el desembosque con helicóptero sólo es conveniente en circunstancias especiales, pero cuando se dan esas circunstancias puede ser una alternativa interesante a otros sistemas de saca.



Típica conformación del sistema de saca con helicóptero

### **Prácticas recomendadas para la saca con animales de tiro**

En muchos lugares, la extracción de madera con animales de tiro sigue siendo, desde el punto de vista económico, una opción conveniente incluso en países industrializados. El impacto directo se reduce a los caminos de arrastre, muy angostos, que utilizan los animales. El desembosque con animales es particularmente conveniente para los aclareos o el aprovechamiento de pasta de madera, operaciones en las que se extraen trozas relativamente pequeñas, y también cuando se han de transportar productos elaborados in situ, en pozo de aserrador o de otra forma.

- Al planificar el arrastre con animales se ha de tener en cuenta que en esta actividad la distancia de desembosque ha de ser corta (200 m o menos) y en pendientes relativamente suaves (según el tipo de animal utilizado, se recomienda una pendiente máxima del 20-30% (14°-17°) en el arrastre cuesta abajo y del 10-15% (6°-9°) en el arrastre cuesta arriba).
- Las condiciones climáticas, el terreno y otros factores pueden exigir que los animales no trabajen todos los días y que el horario laboral sea corto. Normalmente, se recomienda disponer de una reserva de animales de entre el 20 y el 25 % para asegurarse de que se disponga del número suficiente para realizar adecuadamente el trabajo.

### **Otros sistemas de saca**

#### **Saca manual**

El transporte de trozas utilizando fuerza de tracción humana es cada vez más raro excepto en las explotaciones agrícolas, en las que se efectúa incluso en los países industrializados. En general, sólo es recomendable cuando los costos laborales son bajos, la distancia de saca es reducida y las trozas u otras piezas de madera que se han de extraer son suficientemente ligeras como para que puedan ser manejadas fácilmente por el hombre. Gran parte de la saca manual se relaciona con el aprovechamiento de leña, algunos tipos de aclareo en las plantaciones forestales, las operaciones agroforestales y los bosques, como los manglares, en los que los árboles rara vez son de gran tamaño. La eficiencia y la seguridad pueden incrementarse utilizando ganchos, palancas y otras herramientas manuales o arrastrando los troncos con ayuda de ruedas de saca manuales.

#### **Saca por el agua**

En las zonas donde los bosques se inundan estacionalmente, como en algunas partes de la cuenca amazónica, o están situados en zonas de marismas o manglares, la extracción de la madera puede realizarse a través del agua. La corta se realiza normalmente durante la estación seca o con marea baja y luego las trozas se deslizan por flotación al elevarse el nivel de agua. Con este sistema la pérdida de madera puede ser muy importante, por lo que es necesario ejercer un cuidadoso control para no perder gran parte de los recursos.