

Caso particular II. Aprovechamiento maderero de montes de eucalipto en Galicia y la Cornisa Cantábrica

Marcos Barrio Anta, Marcos López Vázquez

1. Introducción

El género eucalipto fue introducido en Europa a finales del siglo XVIII con fines ornamentales, aunque su gran adaptación a las condiciones ecológicas del sur de Europa, sus altas tasas de crecimiento y los múltiples usos que pronto se vieron para su madera, propiciaron que a lo largo del siglo XIX fuese ya frecuente su plantación sobre terrenos forestales (Silva-Pando & Pino-Pérez 2016). Sin embargo, la aceleración de su expansión se produjo a partir de la segunda mitad del siglo XX al descubrirse en Portugal que su madera era excelente materia prima para producir pasta de papel (Bermúdez et al. 2002; Alegría et al. 2020) y a la instalación en esa época, y en décadas posteriores, de grandes plantas de celulosa en el norte de España (Cantabria en 1940, País Vasco en 1950 y en Galicia y Asturias en las décadas de 1960 y 1970, respectivamente).

Hoy en día, las plantaciones de eucalipto ocupan en el norte de España (Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco) una superficie de más de 453.000 ha, superficie que se ha multiplicado casi por cinco en los últimos 50 años (López-Sánchez et al. 2021). El volumen medio anual de cortas en el período 2005-2019 se situó en 4,9 millones de m³, representando el 48% de las cortas de madera en dichas comunidades y el 33% de las cortas totales en el país en ese período (MTERD 2021), lo que convierte a los eucaliptos en las especies forestales más importantes en cuanto a volumen de cortas en España. Las razones de su enorme importancia comercial son las siguientes: i) su alta tasa de crecimiento y productividad, ii) la calidad de su madera y sus fibras, iii) su capacidad de rebrotar de cepa (en algunas especies) y iv) su plasticidad y capacidad de adaptación a la sequía y a los terrenos de baja fertilidad.

En la actualidad el uso principal de su madera es la producción de pasta de papel, aunque cada vez se destina más volumen al aserrado y desenrollado. El destino principal de las masas y su rápido crecimiento han determinado que la especie se plante a marco definitivo (densidades habituales de entre 1100 y 1600 pies/ha) con ausencia de claras y podas y con un turno de máxima renta en especie de 12-16 años, según calidades de estación (Viera et al. 2016). La gestión aplicada a estas plantaciones es, por tanto, muy simple y comprende básicamente desbroces durante los primeros años tras la plantación y selección de brotes durante el primer año

cuando la nueva masa proceda del rebrote de cepa tras la corta a matarrasa de la masa existente. La facilidad de cultivo, con apenas inversiones en cuidados culturales, y la ya comentada plasticidad y gran crecimiento, convierten de los eucaliptales en un cultivo forestal muy rentable y hacen que sea la opción preferida en gran parte de las zonas costeras de Galicia y la Cornisa Cantábrica.

El aprovechamiento de las masas destinadas a la producción de pasta de papel se ha mecanizado mucho durante las últimas décadas, abandonándose operaciones tradicionales como el descortezado manual en monte. El procesado de la madera (apeo, desramado y tronzado), aunque en determinadas circunstancias se realiza de forma manual, es frecuente que esté mecanizado parcial o totalmente, como se verá en capítulo 3.3 sobre la descripción de los sistemas de aprovechamiento empleados. Las razones que impulsan la mecanización del aprovechamiento maderero en general y de los eucaliptales en particular, son variadas y se pueden concretar en las siguientes: i) la búsqueda de nuevos métodos de aprovechamiento que faciliten el trabajo y reduzcan el riesgo de accidentes, ii) la dificultad creciente para encontrar motoserristas profesionales, iii) la mayor rentabilidad respecto a la elaboración manual (reducción de costes y aumento de la productividad) y iv) la mayor facilidad para la gestión del personal en las empresas.

2. Condicionantes

La planificación y ejecución de cualquier aprovechamiento maderero está condicionado por diversos factores que influyen en la toma de decisiones sobre los métodos, medios, equipos y máquinas a emplear, así como sobre la época más adecuada para realizarlo. En el caso de los aprovechamientos de eucalipto en el norte de España hemos agrupado los principales condicionantes en cinco grandes tipos: estructurales, orográficos, climáticos, industriales y selvícolas.

2.1. Condicionantes estructurales

2.1.1. Tipología y tamaño de la propiedad forestal

La propiedad de los montes de eucalipto es en su gran mayoría privada y se caracteriza por el gran minifundismo y atomización de las parcelas, mayor si cabe hacia Asturias y Galicia. Así, por ejemplo, en Galicia el 64,2% de la propiedad forestal es privada individual y el tamaño medio de la propiedad es de 1,7 ha que además se distribuye entre una y diez parcelas no contiguas, lo que arroja una superficie media de la parcela forestal de 0,26 ha (Xunta de Galicia 2018). Ante esta situación es muy difícil acometer cualquier tipo de gestión y planificación, ya que la gestión racional de los recursos madereros requiere que los aprovechamientos tengan unas superficies superiores a determinados “mínimos técnicos o de rentabilidad” por debajo de los cuales resulta inviable la aplicación de las técnicas selvícolas o de aprovechamiento (figura CPIII.1).

La influencia de este minifundismo encarece no sólo el aprovechamiento maderero propiamente dicho, sino también el transporte, al aumentar posibilidad de cargas incompletas en los camiones (Laina et al. 2017). Por tanto, la influencia que tiene el tamaño de los lotes de corta en los costes de gestión y explotación es determinante. Así, partiendo del mismo precio de la madera en parque de fábrica, descontando los costes hacia el monte, resulta que para una tonelada procedente de una corta de 20 t el valor residual que le quedaría al propietario por la venta de la madera en pie sería del 19% del valor de la madera en fábrica. Sin embargo, para una corta de 10.000 t este valor subiría hasta el 54% (Villapol 1997). Los maderistas, para tratar de paliar esta situación, deben comprar lotes de varias parcelas contiguas o próximas para que le sea rentable el aprovechamiento; contando, aun así, con muchos problemas a la hora de definir las rutas o caminos de desembosque, ya que deben pedir autorización a los propietarios de las fincas colindantes y buscar ubicaciones para los cargaderos. Además, en numerosas ocasiones los límites y cabidas de las parcelas son confusos y no están apoyadas en información cartográfica, por lo que es frecuente la paralización del aprovechamiento de lotes de madera por problemas de titularidad o deslinde entre propietarios (Ambrosio et al. 2001).

Las administraciones y las asociaciones forestales y/o de propietarios están impulsando soluciones como la concentración parcelaria (figura CPII.2) o la creación de agrupaciones o cooperativas de propietarias forestales. Así, la administración forestal gallega trata de corregir esta situación con la promoción desde 2012 de las Sociedades de Fomento Forestal (Sofor), instrumentos que permiten la agrupación de propietarios forestales para hacer un aprovechamiento conjunto de sus tierras (figura CPIII.1, derecha).

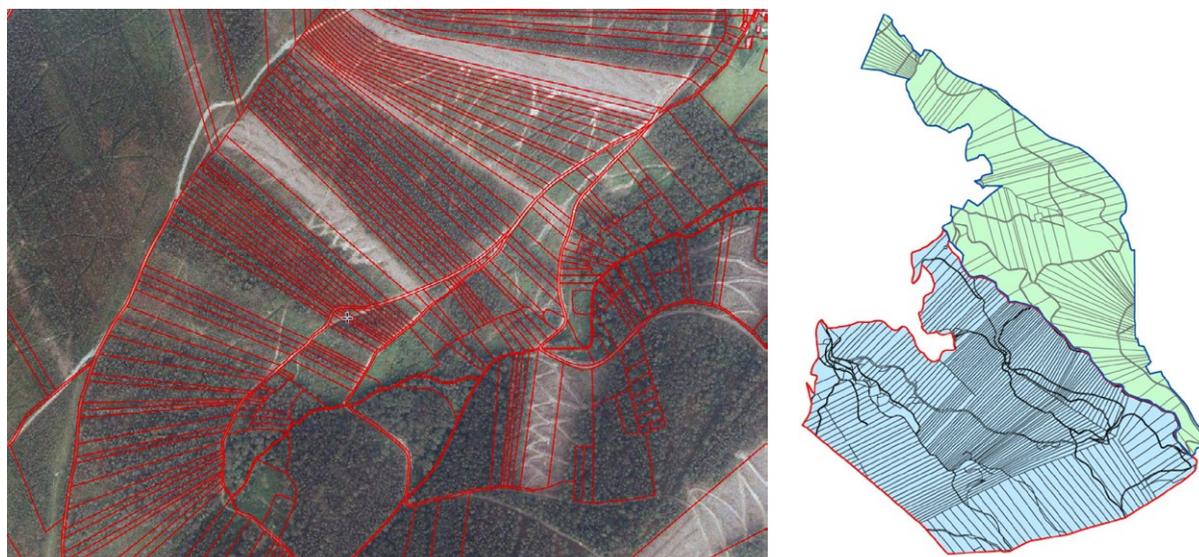


Figura CPII.1. Detalle del minifundismo de las parcelas plantadas con eucalipto en el concejo de Santirso de Abres (Asturias), donde se aprecia la disposición de las parcelas en fajas estrechas en el sentido de la pendiente, desde la cima al valle (izquierda) (Fuente: SigPac). A la derecha, detalle de las fajas de microparcels de dos SOFOR (color verde y azul) en el concello de Silleda (Pontevedra) (Fuente: Tomado de Gil (2020)).

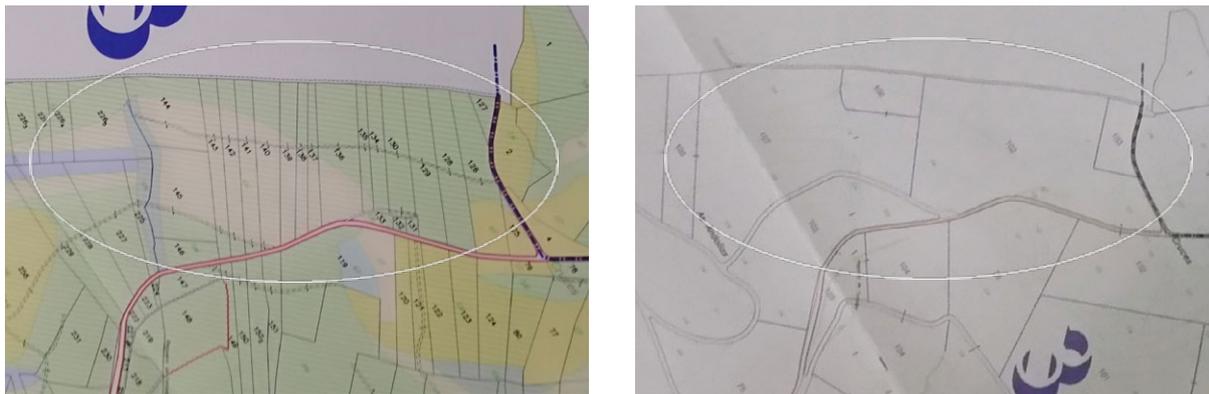


Figura CPII.2. Ejemplo de concentración parcelaria en el concejo de Tapia de Casariego (Asturias). Número y tamaño de las parcelas antes (izquierda) y después (derecha) de la concentración parcelaria (Fuente: Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales del Principado de Asturias).

2.1.2. Red de pistas y cargaderos

La mecanización de los aprovechamientos en zonas de pendiente exige la apertura de numerosas pistas que permitan cubrir de forma más o menos homogénea la zona de corta. Sin embargo, las microparcelas que conforman los lotes de madera de eucalipto dificultan enormemente la apertura de las pistas y en muchas ocasiones es necesario comprar la madera de varias plantaciones aledañas para que sea posible su apertura. Estas pistas cobran especial relevancia sobre todo en terrenos con mucha pendiente donde es frecuente la apertura de pistas en “zeta” sobre las cuales circula una máquina cosechadora que procesa la madera apeada por los motoserrietas sobre las pistas o en sus inmediaciones (sistema semimecanizado Euca_01, ver punto 3.3) (figura CPIII.3).



Figura CPII.3. Aspecto sobre ortofoto del trazado de pistas forestales en “zeta” en San Tirso de Abres (Asturias) (izquierda) y detalle sobre el terreno (derecha). Fotos. SigPac y M. Barrio Anta.

2.2. Condicionantes orográficas del terreno

La orografía de los montes de eucalipto en Galicia y la Cornisa Cantábrica es bastante compleja y condiciona de forma importante la ejecución de los aprovechamientos madereros y la posibilidad de su mecanización. Las pendientes elevadas dificultan enormemente las labores manuales e impiden o condicionan mucho la mecanización. Así, en buenas condiciones de adherencia (suelos secos), la pendiente máxima para circular por el monte empleando máquinas cosechadoras de ruedas es de un 30% y de un 40% para el caso de máquinas con bases tractoras de cadenas, siempre trabajando en máxima pendiente. En el caso de pendientes mayores o en condiciones de mala adherencia, los aprovechamientos se llevan a cabo mediante el apeo manual con motoserrista y el procesado desde pista con cosechadora forestal de base tractora de ruedas o cadenas.

El efecto de la pendiente se ve muy agravado por la disposición de las parcelas de aprovechamiento en las laderas. Es muy frecuente que las parcelas procedan de divisiones de herencias en fajas en el sentido de la pendiente desde la cima al valle (figuras CPII.1 y CPII.3). Cuando se aprovecha una sola de estas parcelas (algunas veces de unos pocos metros de anchura), el tractor autocargador ha de trabajar por la línea de máxima pendiente para no invadir propiedades colindantes. Pendientes bajas-medias se convierten entonces en problemas difícilmente superables (Ambrosio et al. 2001).

2.3. Condiciones climáticas y de humedad del terreno

El clima dominante en Galicia y la Cornisa Cantábrica es atlántico y está caracterizado por precipitaciones abundantes durante gran parte del año. En el caso de las plantaciones de eucalipto, la lluvia y el viento serán los factores climáticos que condicionen en mayor medida los rendimientos, costes y la seguridad de los trabajos (Ambrosio et al. 2001). El apeo manual con motosierra se debe suspender los días de lluvia muy intensa por los peligros que conlleva el propio desplazamiento por el monte. El fuerte viento, sobre todo en rachas, es particularmente problemático para las operaciones manuales ya que somete al árbol a fuerzas y tensiones, puede cambiar la dirección de caída, provocar el rajado del tronco desde las entalladuras de corta; y, los operarios pueden ser alcanzados por caídas de árboles próximos. Por ello, estos días deben suspenderse las operaciones manuales de apeo y procesado de los árboles. Sin embargo, la mecanización total del apeo y procesado de la madera (mediante el uso de la cosechadora forestal o taladora-apiladora + procesadora) permite realizar estos trabajos de forma segura incluso en días de lluvia y vientos de intensidad considerable (Bravo y Ortuzar 2016).

El clima lluvioso también condiciona bastante las operaciones mecanizadas de desembosque ya que el desplazamiento de las máquinas está restringido por suelos excesivamente húmedos que provocan falta de adherencia e incrementa los impactos ambientales con roderas profundas en las calles o pistas de desembosque (figura CPII.4).



Figura CPII.4. Detalle del impacto ambiental de los aprovechamientos madereros en zonas con alta humedad en los suelos. Los autocargadores provocan grandes roderas y las ruedas tienen importantes problemas de adherencia (Fotos: E. García Coya).

Las condiciones climáticas también influyen la elección de la época más adecuada para realizar el aprovechamiento cuando se utiliza el método de beneficio de monte bajo. Así, en Galicia y la Cornisa Cantábrica, la corta puede realizarse en cualquier época del año con excepción de los meses de noviembre a febrero, en aquellos montes situados en zonas con inviernos muy fríos o en zonas muy encharcables, o en julio y agosto, en montes situados en zonas con fuerte sequía estival y suelo somero ya que generan un peor rebrote e, incluso, ocasionan que bastantes yemas aborten (Ruiz et al. 2008).

2.4. Exigencias de la industria transformadora

Industria de celulosa: esta industria es la principal consumidora de la madera de eucalipto y requiere que los proveedores suministren madera corta (trozas de 2-2,5 m de longitud). Sin embargo, algunas industrias como la planta de Ence en Navia (Asturias) poseen una línea de procesado de madera larga (trozas de 5 m de longitud) para madera propia de la papelera (compras de madera en pie o montes de su patrimonio), lo que permite mejorar los rendimientos de la fase de procesado, saca y transporte a fábrica. Hasta hace unas décadas la madera de eucalipto se recepcionaba sin corteza en fábrica, por lo que era necesario su descortezado en monte. La operación se realizaba manualmente mediante el empleo de hachas o cuchillos descortezadores y debía realizarse inmediatamente después del apeo ya que la corteza se adhiere más a la madera a medida que el árbol se va secando (González Río et al. 1998). Actualmente el descortezado no suele incluirse como una operación más en el aprovechamiento maderero de eucalipto ya que el principal destino de la madera es la fabricación de pasta de celulosa, y esta operación se lleva a cabo en los propios parques de madera de las fábricas, por ser más económico y porque la corteza se utiliza como fuente de energía en las calderas de biomasa (Ruiz et al. 2008). Sin embargo, las fábricas suelen disponer de bastante corteza procedente de aprovechamientos madereros propios, por lo que recepcionan ambos tipos de madera.

El suministro de madera con corteza permite incrementar el rendimiento del procesado (no se hace circular la madera tantas veces por los rodillos de la procesadora) y además disminuyen los restos de corta que se dejan en monte. Por su parte el suministro de madera sin corteza presenta las siguientes ventajas para el proveedor: i) incrementa muy poco el coste del procesado ya que se descortezado de forma simultánea al desramado y tronzado como se explicará a continuación y ii) permite mejorar la rentabilidad de la saca y el transporte al llevar más cantidad de madera a fábrica en los camiones para el mismo volumen de carga, por lo que se disminuye el coste de estas operaciones posteriores al procesado. Por su parte, las fabricas suelen pagar varios euros más la tonelada de madera sin corteza; por ello, la decisión de descortezado o no en monte depende de cada rematante o de los acuerdos que este alcance con la propiedad.



Figura CII.5. Descortezado simultáneo de trozas de eucalipto mediante el uso de cabezales cosechadores con rodillos dotados de cuchillas cortantes oblicuas que posibilitan el giro del fuste a la vez que avanza. Detalle de los rodillos de avance dotados de cuchillas cortantes inclinadas (derecha) (Fotos: F. Veiga Aguiar).

Actualmente, cuando se realiza en monte, el descortezado se hace de forma mecanizada por medio de los cabezales de las cosechadoras forestales. El descortezado se lleva a cabo simultáneamente al desramado regulando la presión de los rodillos de avance de los cabezales que a su vez van dotados con cuchillas cortantes con una inclinación de 30-45° que giran el árbol a la vez que provocan su avance, permitiendo de esta forma el descortezado de toda la sección del fuste (figura CII.5). Para conseguir el descortezado total del fuste son necesarias al menos dos o tres vueltas completas de alimentación a gran velocidad desde la coza hasta la punta del fuste (Bravo y Ortuzar 2012).

Industria de aserrado y desenrollo: aunque es minoritario, también se destina madera de eucalipto para aserrado y desenrollo. En este caso la madera debe proceder de rodales de mayor edad (20-30 años o más), preferiblemente que hayan sido aclarados, aunque lo frecuente es que proceda de pies o rodales aislados en plantaciones de menor edad y distinta densidad de plantación y que se destinan a este uso al pagarse más que por la madera destinada a pasta de celulosa. Las dimensiones de los árboles obligan a llevar a cabo su procesado de forma manual. Los aserraderos en este caso reciben trozas con longitudes de entre 2 y 2,5 m y diámetros de 40-50 cm.

Tradicionalmente en Galicia, para eliminar tensiones de crecimiento que dificultan su aprovechamiento como madera de sierra, se ha procedido al anillado manual de los ejemplares a apeo para producir su muerte en pie, disminuyendo de esta forma las tensiones de crecimiento en la madera y dificultando o impidiendo el rebrote posterior tras el apeo (Serrada et al. 2021).

2.5. Condicionantes selvícolas

Las especies forestales que forman las masas, sus características dasométricas (densidad, estructura, tamaño medio del arbolado, etc.) y la gestión selvícola habitual (cortas intermedias o cortas finales) también condicionan las soluciones que se van a adoptar a la hora de realizar los aprovechamientos madereros. Así, en el caso del género eucalipto, las especies habituales tienden a formar fustes de elevada rectitud que permiten la mecanización del procesado con cosechadora. Muchos montes de especies del género *Quercus*, o algunos del género *Pinus*, no pueden ser procesados de forma mecanizada, aun en condiciones muy favorables de pendiente, debido a la tortuosidad de sus troncos.

Por otro lado, la ausencia de cortas intermedias en estas plantaciones hace que siempre estemos ante cortas finales, con volúmenes de corta por hectárea elevados. Esta particularidad favorece, desde el punto de vista económico, la mecanización del aprovechamiento, siempre y cuando se disponga de una superficie de corta suficiente. Este mínimo de corta “suficiente” viene determinado por los costes del desplazamiento de la maquinaria hasta el monte. Estos costes empiezan a ser altos y así desaconsejan la mecanización del aprovechamiento, para operaciones por debajo de 1,5-2 hectáreas. Téngase en cuenta que estos costes se dividirán por el volumen total de madera a aprovechar, y por tanto, a un menor volumen de aprovechamiento, mayor repercusión de los costes del traslado de las máquinas en los costes totales del aprovechamiento.

Por otra parte, la especie de eucalipto más extendida (*Eucalyptus globulus*) presenta un buen rebrote de cepa (figura CPlI.6), por lo que los montes se aprovechan por el método de beneficio de monte bajo. Existen numerosos montes de este tipo con ausencia de selección de brotes, que da lugar a masas con varios pies de pequeño diámetro sobre la misma cepa, aspecto que disminuye mucho la productividad de las operaciones de apeo y procesado manual.

Ante estas circunstancias selvícolas, si las condiciones orográficas lo permiten, el sistema de aprovechamiento maderero más eficiente consistiría en el empleo de una taladora-apiladora de disco para el apeo seguido de una cosechadora para el procesado. Las taladoras-apiladoras incorporan brazos acumuladores que permiten talar todos los pies de la cepa en el mismo ciclo de la grúa, aumentando mucho la productividad del apeo. El uso de taladoras-apiladoras con sistemas de corte de cuchillas es menos recomendable desde este punto de vista ya que generan un peor rebrote (Serrada et al. 2021).

No obstante, existen situaciones en las que puede no ser deseable el rebrote tras la corta, por lo que el apeo con cizalla no presentaría problemas. Además, para dificultar aún más el rebrote se ha propuesto lo siguiente (Serrada et al. 2021): i) anillado manual en pie de los ejemplares a

apear semanas o incluso meses antes de la corta y ii) el motoserrista puede descortezar la parte baja del fuste antes del apeo, o inmediatamente tras el mismo, y producir cortes en los bordes del tocón, cuando se lleve a cabo el apeo con motosierra.



Figura CPII.6. Rebrote de las cepas de eucalipto tras la corta (izquierda) y masa adulta de eucalipto con varios pies por cepa (derecha) (Fotos: M. Barrio Anta y M. López Vázquez).

3. Planificación del aprovechamiento

La planificación consiste en organizar espacial y temporalmente los distintos medios y equipos que se van a utilizar teniendo en cuenta los objetivos del aprovechamiento y las restricciones y condicionantes existentes. Básicamente se trata de decidir qué hacer, cómo y quién lo hace y en que lugares. También es parte importante de esta planificación el análisis de la red de pistas forestales (necesidad de nuevas aperturas o mejoras de las existentes) y la ubicación de los cargaderos necesarios.

3.1. Operaciones previas. Red de vías y cargaderos

Existen tres puntos claves que se deben evaluar antes de comenzar los trabajos de aprovechamiento, como parte del proceso de planificación:

1. Análisis de las posibilidades de apeo:

- Se puede realizar el apeo mecanizado: esto significará que toda la pendiente del monte será baja o moderada para permitir el tránsito por el monte de la maquinaria, por lo que no harán falta más vías que las ya existentes o incluso en algunos casos ninguna más que la vía que lleva al cargadero. La maquinaria de apeo, procesado y desembosque podrá circular por toda la superficie del monte (pendientes inferiores al 30-40% y baja escabrosidad del terreno).

- No se puede realizar apeo mecanizado: la causa principal suele ser la alta pendiente o escabrosidad de la finca. En este caso se debe conseguir una red de vías suficiente para que la maquinaria (procesado y/o saca) llegue a toda la madera del monte, teniendo en cuenta que será el motoserrista el que, en la propia operación de apeo manual, oriente la caída de los árboles hacia estas pistas. Por tanto, es muy importante en el cálculo de necesidad de vías (densidad de vías) que se tenga en cuenta la pendiente existente y la altura media de los árboles que componen el monte. No podrá haber pistas separadas entre sí una distancia mayor de dos veces la altura media de los árboles, asegurando así que todos los pies serán recogidos (bien para su procesado o bien para su saca) por las grúas de la maquinaria a utilizar, que exclusivamente rodará por dichas pistas, al no poder circular por toda la superficie del monte.

2. Análisis de las posibilidades de desembosque.

Las vías de saca deben recorrer toda la superficie del monte, de forma que toda la madera pueda ir desde las superficies de corta hasta la zona de cargadero. Es posible que muchas de ellas se tengan que abrir (trochas de saca) o se tengan que preparar y acondicionar para el paso de la maquinaria (pistas principales o secundarias del monte). Es muy importante tener en cuenta la climatología en la época de corta y el material de base de las pistas preexistentes que debe soportar el paso de los tractores cargados de madera. En ocasiones puede ser recomendable la aportación de material de base para mejorar el estado de estas (figura CPII.7).

3. Análisis de la posibilidad de apilado en cargadero.

Los cargaderos son espacios físicos necesarios para apilar la madera desemboscada por las vías de saca en espera a su posterior transporte a destino. Es muy importante que los cargaderos tengan suficiente extensión para el acceso y las maniobras de los camiones de transporte. En numerosas ocasiones pueden encontrarse incluso fuera de la parcela a aprovechar, por lo que habrá que solicitar los permisos correspondientes a los propietarios de los terrenos dónde finalmente se establezca el cargadero (figura CPII.7).

3.2. Métodos de aprovechamiento

El método de aprovechamiento se refiere al grado de transformación que se realiza del árbol a pie de tocón. Así, el método principal de aprovechamiento de las masas de eucalipto en Galicia y la Cornisa Cantábrica es el de madera corta. En este método el árbol, una vez apeado, se desrama y se descopa y se divide en trozas de 2-2,5 m de longitud ya que estas son las dimensiones que demandan de forma mayoritaria las industrias consumidoras. No obstante, también se utiliza el método de madera larga (trozas mayores de 2,5 m de longitud, pero sin llegar a ser fuste entero) debido a que alguna industria también permite recepcionar trozas de 5 m de longitud.



Figura CP11.7. Apertura de pista para el acceso del autocargador (izquierda) y ubicación de un cargadero a borde de pista (Fotos: Maderas Maradona (izquierda) y E. García Coya (derecha)).

3.3. Sistemas de aprovechamiento

Los sistemas de aprovechamiento maderero se definen por el conjunto de medios, equipos y máquinas empleados para aprovechar un área determinada. Así, considerando que el desembosque en las plantaciones de eucalipto se lleva a cabo en la gran mayoría de los casos con autocargador forestal, los sistemas de aprovechamiento empleados se pueden definir atendiendo al grado de mecanización del apeo y procesado de la madera. De acuerdo con esta premisa, en el aprovechamiento de los montes de eucalipto de Galicia y la Cornisa Cantábrica se utilizan los siguientes sistemas de aprovechamiento:

1. *Sistema manual (Euca_00)*: tanto el apeo, como el procesado de la madera (desramado y tronzado) se hacen de forma manual con motosierra. Este sistema se aplica normalmente con el método de madera corta, ya que los operarios deben manejar manualmente las trozas y si estas son largas su manejo se complica mucho.
2. *Sistema semimecanizado (Euca_01)*: el apeo se realiza de forma manual con motosierra, pero el procesado del árbol se lleva a cabo con procesadora forestal. Se pueden distinguir dos variantes, una donde la cosechadora no entra al monte y sólo circula por pista de aprovechamiento y otra donde la máquina circula por el monte porque las condiciones de pendiente y escabrosidad lo permiten.
3. *Sistema completamente mecanizado con una máquina (Euca_02)*: el apeo del árbol y posterior procesado se realiza con máquina cosechadora. Evidentemente este modelo sólo es válido para las condiciones de bajas pendientes y escasa escabrosidad del terreno.
4. *Sistema completamente mecanizado con dos máquinas (Euca_03)*: el apeo del árbol se realiza con taladora-apiladora y el procesado posterior de este con cosechadora. Este modelo también es válido sólo para las condiciones de bajas pendientes y escasa escabrosidad del terreno.

3.3.1. Sistema manual (Euca_00)

Medios o equipos empleados

Los equipos de apeo están formados por cuadrillas de entre 2 y 4 motoserristas (podría haber más en casos especiales, como el caso de montes muy extensos no mecanizables) (figura CPII.8) y un tractor forestal autocargador para llevar a cabo el desembosque.



Figura CPII.8. Apeo manual de eucaliptos por cuadrillas de motoserristas (Fotos: M. López Vázquez).

Para llevar a cabo el desembosque se utilizan fundamentalmente tractores autocargadores de distintos tamaños y que pueden presentar la caja del semichasis trasero tanto adaptada a la carga longitudinal como a la carga transversal (figura CPII.9). En función de esto se colocarán las planchas laterales o estaqueros en la caja del autocargador. También se pueden emplear dumpers de obra pública o tractores agrícolas, ambos con modificaciones para realizar trabajo de desembosque de madera.



Figura CPII.9. Autocargadores de 8 ruedas motrices de alta capacidad. A la izquierda, desembosque de madera corta en carga transversal en modelo asturiano Dingo. A la derecha, desembosque de madera larga en carga longitudinal en modelo finlandés Ponsel (Fotos: M. Barrio Anta).

Procedimiento operativo

Una vez trazada la red de pistas necesaria, los motoserristas comienzan a realizar el apeo dirigido de los árboles de forma que se faciliten la operación posterior de procesado y las trozas de madera queden parcialmente reunidas. Ello se puede conseguir por medio de sistemas de apeo planificado como el método de los bancos o zonas de madera. Por razones de seguridad es importante que los motoserristas estén al menos separados 2,5 veces la altura media del arbolado, para evitar alcances. Así mismo deben respetar la distancia de seguridad con respecto a la máquina de saca, indicada normalmente por el manual de operación de esta. También deben evitar el trabajo en la misma línea de pendiente por razones de seguridad. Posteriormente el autocargador realizará la saca, manteniendo un decalaje en tiempo, para maximizar el rendimiento del trabajo.

Rendimientos

Los equipos a usar en este sistema de aprovechamiento consisten en parejas de motoserristas (o al menos un motoserrista y un peón de apoyo) y un autocargador para el desembosque. Trabajando con un equipo experimentado, consistente en motoserrista y peón de apoyo, el rendimiento puede oscilar entre las 15 y las 30 toneladas de madera al día, dependiendo del volumen unitario, altura de arbolado, etc.

Recomendaciones de uso

Como ya se ha comentado en el punto 1, actualmente las empresas siempre que sea posible, tratan de mecanizar al máximo las operaciones madereras. Por tanto, el sistema manual sólo se aplicará en aquellas áreas o zonas donde las pendientes sean muy altas (por encima del 30-40%) y/o cuando el terreno sea muy escabroso, o cuando se aprovechen lotes de madera de pequeño volumen (por debajo de las 150-200 toneladas totales).

3.3.2. Sistema semimecanizado (Euca_01)

Medios o equipos empleados

Los equipos a usar en este sistema de aprovechamiento constan de uno o dos motoserristas para el apeo, una cosechadora forestal para el procesado y un autocargador para el desembosque.

La cosechadora forestal está formada por un cabezal multifunción que va habitualmente instalado sobre la punta de grúa de una máquina retroexcavadora de cadenas de obra civil adaptada para los trabajos forestales (figura CPlI.10). Las principales adaptaciones a las que se somete esta máquina son: i) instalación de protectores en la cabina y los laterales para proteger la máquina y al conductor de golpes y proyecciones procedentes del procesado de la madera, ii)

adecuación de la hidráulica de la máquina para satisfacer la alta demanda de caudal que precisa el cabezal durante el trabajo, iii) instalación de radiador adicional para el enfriado del aceite, iv) aumento de la altura de las tejas de las cadenas para aumentar la adherencia al terreno, y v) instalación de un cabrestante en el brazo de elevación de la grúa.



Figura CPIII.10. Máquina retroexcavadora de cadenas adaptada para el trabajo forestal y dotada de cabezal cosechador en punta de grúa (izquierda). A la derecha, motoserrista dotado de motosierra y equipo de protección individual (Fotos: M. Barrio Anta).

Aunque existen en el mercado máquinas cosechadoras propiamente forestales con sistema de rodadura tanto de ruedas como de cadenas, la adaptación de retroexcavadoras de obra civil es la opción más utilizada en los montes de eucalipto de orografías difíciles. Las razones de ello son las siguientes:

- Su mayor estabilidad y capacidad de tracción en terrenos blandos.
- Su menor radio de giro en comparación con las máquinas de ruedas, ya que el giro en estas se consigue por bloqueo de las cadenas de un lado.
- Las máquinas específicas propiamente forestales suelen tener unas dimensiones mayores, precisan anchos de vías superiores a los habituales en Galicia y la Cornisa Cantábrica, y son bastante más caras que las retroexcavadoras dotadas de cabezal de cosechado (hasta 30% más caras).
- Son máquinas que permiten el trabajo con giro continuo por lo que pueden agarrar el árbol por delante, desramarlo de costado y tronzarlo y apilarlo por la parte trasera sin perder estabilidad.
- Su versatilidad, ya que esta máquina previamente a iniciar las labores de procesamiento de la madera suele trabajar en la apertura de la red de pistas de aprovechamiento, sin más que

sustituir el cabezal de cosechado en punta de grúa por su cazo habitual. Adicionalmente también puede incorporar un cabezal talador-apilador para ejecutar el sistema de aprovechamiento completamente mecanizado Euca_03.

- Permite aproximar árboles fuera del alcance de la grúa gracias al uso de cabrestantes (con 50-70 m de cable de acero de 12-14 mm) que suelen llevar instalado en el brazo de elevación de la grúa.

El desembosque se lleva a cabo por medio de tractores autocargadores de distintos tamaños, como los mostrados en la figura CPII.9, aunque también se utilizan tractores agrícolas adaptados y dumpers de obra modificados como autocargadores de madera (Bravo y Ortuzar 2012). Cuando se desembosca madera descortezada (muy resbaladiza) suele realizarse carga transversal de trozas sobre caja de autocargador modificada con balderas de chapa laterales, para evitar que las trozas de eucalipto se deslicen por el costado (figura CPIII.11).



Figura CPII.11. Autocargador Logset con caja modificada y adaptada a carga transversal de trozas de eucalipto descortezadas (Foto: Maderas Paco Cacharolo).

Dentro de este sistema de aprovechamiento se pueden distinguir dos variantes según si la cosechadora forestal circula únicamente por pistas forestales o si esta puede circular por todo el monte.



[Procesado con cabezal procesador sobre retroexcavadora](#)

3.3.2.1 Cosechadora circula únicamente por pistas forestales

Procedimiento operativo

Una vez que se ha trazado la red de pistas necesaria, el motoserriista comienza el apeo dirigido de los eucaliptos, empezando normalmente de abajo hacia arriba en la ladera. El motoserriista

tirá los árboles en aquella dirección que facilite el trabajo posterior de la cosechadora (puede ser de aguas arriba hacia aguas abajo en máxima pendiente, oblicuo e incluso paralelo a las curvas de nivel) (1 en figura CPII.12). En el caso de apearlo en máxima pendiente o en dirección oblicua, existe cierta reunión de los árboles debido al deslizamiento de estos sobre el terreno. Como ya se ha comentado, la separación entre pistas debe ser como máximo el doble de la altura media del arbolado para que el brazo de la cosechadora pueda alcanzar todos los árboles para su posterior procesado.

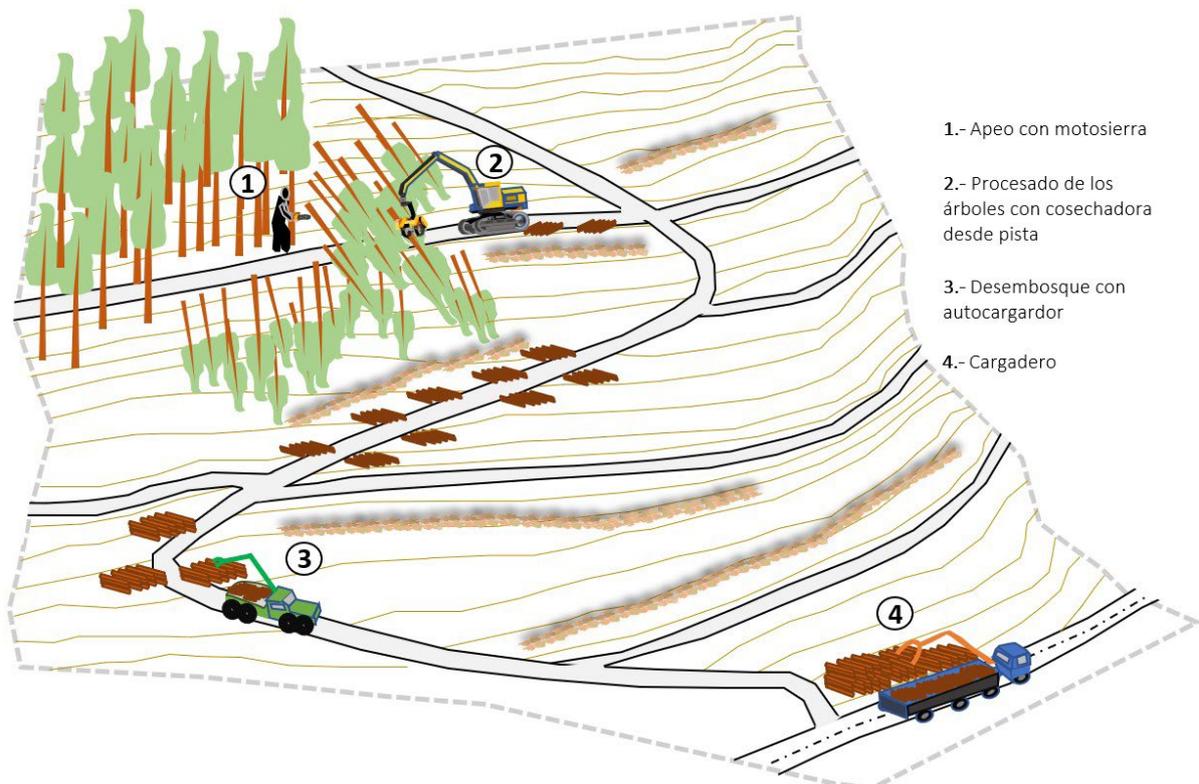


Figura CPII.12. Esquema de la ejecución del sistema de aprovechamiento semimecanizado Euca_01 con máquinas circulando únicamente por pistas forestales (Adaptado de Vignote et al. 2001).

Al cabo de uno o dos días como mínimo debe entrar en escena la cosechadora forestal que va circulando por las pistas abiertas, estaciona y comienza a extender la grúa para agarrar los árboles apeados (2 en figura CPII.12). Estos serán arrastrados hasta el borde de la pista donde comienza a procesarlos dejando las trozas apiladas, siempre que la pendiente lo permita, al borde de la pista y los restos de ramas y/o corteza en el terraplén.

Muchas veces, debido a las fuertes pendientes, las pistas son bastante estrechas y el apilado se realiza detrás de la máquina en la propia pista, impidiendo el retroceso de esta (figura CPII.13). Por ello, es muy importante que la máquina cosechadora sea de giro continuo, lo que permite coger el árbol por delante, desramarlo y/o descortezarlo por el costado y tronzarlo/apilarlo por detrás sin perder la estabilidad. En estas complicadas condiciones, la ejecución del desramado y sobre todo el descortezado de los fustes, exigen que el fuste entero de eucalipto sea manipulado en suspensión por el cabezal de la procesadora, que realiza

grandes movimientos de peso sobre el terraplén de la pista que pueden provocar movimientos en falso y el vuelco de la máquina. Para dar una idea más clara, durante el descortezado se mueven hacia delante y hacia atrás a gran velocidad árboles de 20-30 metros de longitud y de 300-1.000 kg de peso, con cambios de sentido muy rápidos y bruscos y todo ello con el costado de la máquina sobre un terreno con fuerte desnivel (Bravo y Ortuzar 2012). En estas situaciones la gran estabilidad de las máquinas retroexcavadoras es fundamental para evitar vuelcos.

Posteriormente al procesado, y manteniendo un cierto decalaje en tiempo, comienza la fase de desembosque con tractor forestal autocargador que va a circular por las mismas pistas abiertas o acondicionadas para la cosechadora forestal (3 en figura CPII.12).

En ocasiones, la configuración del terreno, o la existencia de pequeños barrancos, no permite a la máquina cosechadora llegar con su pluma a todos los árboles apeados por el motoserrista, por lo que un ayudante o el propio motoserrista despliega el cable del cabrestante incorporado en el brazo de la grúa y engancha el o los árboles implicados. A continuación, el maquinista de la cosechadora lo reúne hasta un punto donde ya puede ser alcanzado por el cabezal de cosechado de la máquina.



Figura CPII.13. Esquema de apeo manual con motosierra y procesado desde pista con cosechadora y apilado en la misma pista debido a la elevada pendiente y escasa anchura de la vía (Adaptado de Tolosana et al. 2000, izquierda, foto derecha: J. Gómez Ormaza).

Rendimientos

Los equipos que se suelen usar en este sistema de aprovechamiento constan de uno o dos motoserristas para realizar el apeo, una cosechadora forestal para el procesado y un autocargador para el desembosque. El rendimiento es bastante variable y oscila entre las 50 y las 125 toneladas al día en función de la orografía y las características de la masa (volumen por ha, volumen unitario medio, altura del arbolado, etc.).

Recomendaciones de uso

Se trata de un método que se va a utilizar en terrenos con bastante pendiente (por encima del 30-40%) y/o alta escabrosidad, donde la circulación de la maquinaria por el monte es peligrosa o imposible. Para ello es necesario proceder a abrir pistas forestales con el típico trazado en “zeta” que permite cubrir la zona a cortar de forma más o menos uniforme (figuras CPII.12 y 14). Se trata, por tanto, de un trabajo donde el procesado de madera se realiza desde una pista forestal con menor pendiente y en condiciones de mayor estabilidad. En estas circunstancias siempre es más estable y versátil disponer de una procesadora forestal montada sobre una retroexcavadora de obra civil en comparación con la cosechadora propiamente forestal de cadenas o de ruedas.



Figura CPII.14. Detalles del trazado de las pistas forestales en “zeta” y apeo dirigido de los árboles con motosierra con reunión parcial por deslizamiento. Posteriormente la cosechadora circulará por las pistas e irá procesando en ellas los árboles al alcance de la grúa (Foto: M. Barrio Anta).

3.3.2.2 Cosechadora puede circular por todo el monte

Procedimiento operativo

Cuando la cosechadora se puede mover por el monte se suele utilizar el sistema completamente mecanizado (Euca_02) que se explicará a continuación, pero puede darse el caso de que sea rentable el apeo con medios manuales, debido a la forma del arbolado (por ejemplo chirpiales con muchos brotes por cepa que hacen inoperativo el trabajo de la procesadora a la hora de apear) o bien debido a la configuración del cabezal procesador (que no permita el giro completo para el apeo directo o que debido a la situación de la cadena de corte, deje una altura de tocón inasumible si realiza el apeo directo). En este caso el apeo se realiza manualmente.

Rendimientos

El rendimiento es variable y va a depender mucho de la masa (volumen por ha, volumen unitario, altura del arbolado, etc.) pero suele oscilar entre las 75 y las 130 toneladas al día.

Recomendaciones de uso

Superficies mecanizables por pendiente o escabrosidad, pero con masas de chirpial de difícil mecanización en cuanto al apeo, o incluso con equipos de procesamiento mecanizados no configurados de forma óptima para el apeo directo.

3.3.3. Sistema completamente mecanizado con una máquina (Euca_02)

En este sistema se mecaniza el apeo y procesamiento de la madera mediante el uso de una cosechadora forestal.

Medios o equipos empleados

Los equipos a usar en este sistema de aprovechamiento son una cosechadora forestal para el apeo y el procesamiento, y un autocargador para el desembosque. La cosechadora debe tener configurado su cabezal procesador específicamente para realizar ambas tareas (apeo en posición vertical y procesamiento en posición horizontal (figura CPII.15)).



CPII.15. Apeo y procesamiento de eucaliptos empleando un cabezal cosechador montado sobre retroexcavadora de obra civil adaptada (Fotos: E. García Coya).

Procedimiento operativo

La cosechadora se puede desplazar por todo el monte, fuera de pista, de forma que con su grúa y el cabezal es capaz alcanzar todos los pies del lote, desplazándose la máquina base por toda

la superficie, independientemente de si existen o no vías de apoyo y tránsito. La cosechadora hace el apeo y el procesado de cada árbol normalmente en el mismo ciclo de trabajo (figura CPII.15). Sin embargo, aunque no es habitual, el maquinista podría apeo primero un grupo de árboles y procesarlos posteriormente de manera conjunta.

Rendimientos

El rendimiento de este equipo es variable y va a depender mucho de la masa (volumen por ha, volumen unitario, altura del arbolado, etc.) pero suele oscilar entre las 100 y las 175 toneladas al día.

Recomendaciones de uso

Superficies mecanizables por pendiente o escabrosidad, pero con masas de brinzal o de chirpiales correctamente seleccionados.

3.3.4. Sistema completamente mecanizado con dos máquinas (Euca_03)

A diferencia del sistema anterior, aquí se mecaniza por un lado el apeo y por otro el procesado de la madera. Se van a usar dos máquinas diferentes o dos cabezales diferentes acoplados sobre la punta de grúa de la misma máquina tractora (habitualmente retroexcavadora de obra pública adaptada).

Medios o equipos empleados

Los equipos a usar en este sistema de aprovechamiento son una taladora-apiladora (de cuchillas/cizalla o de sierra de disco), una cosechadora forestal (o un cabezal procesador) y un autocargador para el desembosque (figura CPII.16).



Figura CPII.16. Ejemplo de las tres máquinas usadas en este sistema: cosechadora forestal (en este caso cabezal procesador instalado en punta de grúa de retroexcavadora adaptada), taladora-apiladora (fondo dcho.) y autocargador (fondo izdo.) (Foto: Forestal Ría de Abres).

Taladoras-apiladoras: son máquinas de ruedas o cadenas con brazos de hasta 7-8 metros de alcance que en su punta incorporan un cabezal dotado de un disco o cuchilla de corte que permite el apeo de árboles de hasta 55 cm de diámetro. Se trata de máquinas de alta potencia (300-320 CV) y gran peso que, junto con sistemas de autonivelado de la cabina, aseguran su estabilidad sobre el terreno. Además, las taladoras-apiladoras incorporan rotación continua de la estructura superior (cabina y grúa) que le permite trabajar en el radio de alcance de la grúa sin necesidad de moverse y disponen además de brazos acumuladores y por tanto pueden talar hasta 2-3 árboles de 15-20 cm en el mismo ciclo de la grúa (Bravo y Ortuzar 2016).

Las taladoras de disco presentan un rendimiento mayor, pero necesitan máquinas de más potencia y más caudal hidráulico por lo que el coste de adquisición es hasta un 30-40% mayor que el de una taladora de cizalla. Además, requieren que el monte sea poco accidentado y que haya mucho volumen de corta para rentabilizar la inversión (figura CPII.17). Las taladoras de cizalla montadas sobre máquinas excavadoras (opción más económica) funcionan mejor que las de disco y son la mejor opción en montes accidentados o con presencia de pedregosidad, aunque presentan menor rendimiento y peor calidad de corte por lo que el rebrote posterior de las cepas no es tan bueno.



Figura CPII.17. Apeo de eucaliptos en el concejo de Colunga (Asturias) empleando una taladora-apiladora Timber Pro de cadenas con cabezal talador Quadco 22sc dotado de sierra de disco (Fotos: E. García Coya).

Las taladoras de cizalla que se usan están adaptadas a las condiciones de la Cornisa Cantábrica y se han desarrollado específicamente para maderas duras como las de eucalipto. Se trata de taladoras que poseen cizallas de corte muy resistentes y cilindros hidráulicos muy potentes. Ejemplos son las taladoras de cizalla de fabricación gallega TMF 600 de TECMAF o la serie TC de IGSA (Industrias Guerra), con estructuras reforzadas y cuchillas robustas intercambiables que, además, al no llevar electrónica en los cabezales, pueden acoplarse en distintas máquinas; o bien, sobre la máquina que lleva la taladora, posteriormente se puede acoplar un cabezal procesador (figura CPII.18). Además, en un camión góndola se puede llevar la máquina más el cabezal procesador, con lo que se ahorra en desplazamientos de maquinaria.



Figura CII.18. Apeo de eucaliptos con taladora-apiladora de cizalla TC.550 de IGSA montada sobre retroexcavadora adaptada (izquierda). Detalle de la cizalla de corte con cuchillas intercambiables (derecha) (Fotos: Industrias Guerra, izquierda y M. Barrio Anta, derecha).

Procedimiento operativo

La taladora se va moviendo por el monte y accede con el brazo de la máquina a la base del árbol a talar, una vez talado el árbol, si este es pequeño, es sujetado por los brazos acumuladores y el cabezal se dirige al siguiente árbol que es apeado. Si los brazos acumuladores están llenos, el maquinista deposita los árboles de forma que todos vayan quedando tumbados en la misma dirección para facilitar el trabajo posterior de la procesadora (figura CII.19).

Una vez realizado el apeo, la procesadora (o la misma máquina base con cabezal procesador) comienza el procesado de los árboles (desramado, tronzado y eventualmente descortezado si el cabezal incorpora rodillos con cuchillas descortezadoras). Las trozas van quedando reunidas en cordones para facilitar el posterior desembosque, por lo que la reunión de la madera es simultánea con el procesado (figuras CII.16 y CII.19). Los restos del desramado/descortezado se deben acumular en montones separados de las trozas y evitando que estén dispuestos en la línea de avance de la máquina si estos posteriormente van a ser extraídos para uso energético.

Cuando se dispone de suficiente madera procesada entra en monte el autocargador, que llevará a cabo la carga, el desembosque y la descarga de madera en cargadero accesible a camión.

Rendimientos

Un equipo de estas características puede realizar entre 100-300 toneladas diarias, según la tipología de la masa y los árboles, como en los casos anteriores. El límite lo pone la operación de procesado, que será bastante más efectiva al quedar la madera muy ordenada. Pero debemos tener en cuenta que sólo el apeo con taladora puede llegar hasta las 500 toneladas diarias, por

lo que habrá que jugar con el decalaje entre máquinas para maximizar el rendimiento y minimizar costes. Lo mismo puede pasar con el desembosque en este modelo, ya que para altos rendimientos diarios en madera procesada pueden llegar a necesitarse dos autocargadores para realizar la saca de forma óptima. En resumen, el tiempo de presencia de cada tipo de máquina en monte es la clave en este modelo, para reducir los costes operativos.



Figura CP.19. Fotografía aérea de un aprovechamiento de eucalipto completamente mecanizado (Sistema Euca_03) utilizando una taladora-apiladora de disco, una cosechadora y dos autocargadores (Foto: Forestal Ría de Abres).

Recomendaciones de uso

El uso de sistema completamente mecanizado (apeo de los árboles con taladora y procesado con procesadora) está limitado a montes con bastante volumen de corta (para rentabilizar el alto coste horario de estas máquinas y su transporte a monte) y con buenas condiciones fisiográficas (pendientes menores de 30-40%, incluso hasta 50% si la máquina es autonivelante). En el caso de montes con pedregosidad siempre se deberán usar taladoras de cizalla por el riesgo de choque de las sierras circulares con las piedras. Siempre que sea posible, las empresas están optando cada vez más por la mecanización total del aprovechamiento de los montes de eucalipto, debido fundamentalmente a tres razones que ya fueron apuntadas: i) dificultad para encontrar motoserristas profesionales, ii) minimizar el riesgo de accidentes en monte y iii) mejorar la rentabilidad.



Multitaladora de disco en máquina TimbreproTL725

3.4. Transporte de la madera a fábrica

El transporte de la madera a fábrica se realiza en camión y representa una parte importante del coste total del aprovechamiento. Así, este puede situarse en el entorno del 25% de los costes totales de ejecución y puede llegar hasta un 50% en los casos de que la distancia a fábrica sea muy grande. Las restricciones legales que limitan el peso total de los camiones cargados de madera a 40 t, frente a otros países donde se autorizan hasta 60 t, encarecen el producto y provocan una mayor contaminación al medio ambiente, situando al mercado español de la madera en una situación de desventaja.

Medio o equipos empleados

El transporte de la madera desde el cargadero hasta la fábrica se realiza habitualmente con un camión articulado T2S3 y T3S3 (cabezas tractoras de 2 y 3 ejes y semirremolque de 3 ejes) que puede llevar una carga máxima autorizada (PMA) de 40 t, con una longitud máxima de 16,5 (18,75 m en trenes de carretera) según la normativa actual de tráfico (MITMA 2022). Teniendo en cuenta que el peso del vehículo en vacío (Tara) oscila entre 15-20 t (según carrozado), la capacidad máxima de carga por viaje oscila entre las 20 y las 25 toneladas. Los camiones suelen incorporar una grúa desacoplable en la parte trasera del semirremolque. Esta grúa, de entre 2 y 3 toneladas, se suele dejar en monte para maximizar la carga transportada ya que la descarga en fábrica se realiza con medios propios de las fábricas. La madera se carga de forma longitudinal en la plataforma empleando 2 estibas en madera larga y hasta 4 en madera corta (figura CPIII.20).



Figura CPII.20. Camión T2S3 cargado con dos estibas de madera de 5 m de longitud y grúa recogida en la parte trasera ya que se trataba del último transporte desde el monte (izquierda). Camión cargado con cuatro estibas de madera de 2,5 m de longitud (derecha) (Fotos: E. García Coya, izquierda y M. López Vázquez, derecha).

Algunas empresas, empiezan a utilizar camiones T3S2 y T3S3 (cabezas tractoras de tres ejes y semirremolques de dos o tres ejes) para el transporte combinado y con contenedor o caja móvil cerrada ISO con una longitud máxima de hasta 45 pies (13,72 m) y homologado para el transporte combinado. Estos camiones, según un reciente cambio normativo, pueden llegar

a cargar hasta 44 t en distancias máxima de transporte de hasta 150 km (BOE 2017), lo que supone un abaratamiento de los costes de transporte de hasta más de un 10%. Sin embargo, las distancias medias por operación suelen ser mayores lo que limita su práctica en el sector forestal (Laina et al. 2017).

Procedimiento operativo

El camión se coloca de forma paralela a la zona de cargadero, y maniobra y se posiciona en disposición de salir antes de realizar la carga, ya que las maniobras se realizan con mayor facilidad con el vehículo descargado. Con la grúa y la grapa se van cogiendo haces de madera de la pila que formó el autocargador en el cargadero y se van colocando en la caja del camión de la forma más ordenada posible para optimizar la carga (figura CPII.21). La carga es longitudinal y suele estar formada por cuatro estibas de madera de 2,5 m de longitud o alternativamente por dos estibas de madera de 5 metros de longitud.



Figura CPII.21. Proceso de carga directa de un camión articulado utilizando la grúa propia instalada en la parte trasera del semiremolque (izquierda). Detalle de la grúa desacoplada dejada en el monte en espera de la siguiente operación de carga (derecha) (Fotos: E. García Coya).

Rendimientos

La carga completa de un camión tráiler de capacidad para cargar 20-25 toneladas oscila entre 30 minutos y una hora, dependiendo de la habilidad del operario y la disposición de la madera en la pila del cargadero.

3.5. Operaciones posteriores complementarias

Con posterioridad a los trabajos del aprovechamiento maderero suele ser necesario llevar a cabo algunas operaciones complementarias para dar este por finalizado. Estas suelen suponer costes, aunque no tan significativos como las operaciones de aprovechamiento propiamente dichas. Entre ellas están: el arreglo de pistas, la gestión de los residuos de corta y la gestión de los tocones.

3.5.1. Arreglo de pistas

El arreglo de las vías de saca es necesario siempre que estas hayan quedado deterioradas tras el aprovechamiento. El coste no es significativo (aunque es muy variable) y normalmente se contabiliza en horas de maquinaria de obra civil necesarias, aunque se pueden acometer con alguna de las máquinas base de la operación con el cazo montado, o incluso con la pala frontal del autocargador. En otras ocasiones se requiere la contratación de maquinaria auxiliar y/o el aporte de materiales de base para reparar las vías de tierra por las que se realizó el desembosque.

3.5.2. Gestión de restos aéreos de la corta

La gestión de los restos aéreos del aprovechamiento maderero (ramas de arbolado, corteza, etc.) puede hacerse o no, dependiendo de la normativa aplicable en cada Comunidad Autónoma y/o del acuerdo que se alcance con la propiedad del monte aprovechado. Los restos pueden dejarse en el monte o extraerse para su posterior uso energético. En el primer caso pueden dejarse acordonados, amontonados o triturados por astillado para facilitar su posterior incorporación al suelo. Sin embargo, cuando el propietario pide la eliminación de restos para facilitar la posterior plantación de la finca, si el monte no es muy abrupto, es frecuente que las empresas rematantes extraigan estos del monte. Esto se debe a la gran demanda que existe en la actualidad de biomasa forestal para uso energético. Sirvan de ejemplo los siguientes datos: la central de biomasa de la biofábrica de Ence en Navia (Asturias) consume unas 340.000 toneladas al año de biomasa forestal (la mitad procede de la corteza de los eucaliptos que se convertirán en celulosa y la otra mitad de residuos forestales) y la planta de Greenalia recientemente instalada en Curtis (A Coruña) prevé un consumo de biomasa forestal de 500.000 toneladas al año (Rico 2018).

El método más empleado para el aprovechamiento de los residuos forestales es el de astillado en planta o centro logístico de biomasa. Para ello es necesario llevar los residuos a destino compactados en forma de pacas (fardos cilíndricos prensados de 2-2,5 m de largo y 300-400 kg de peso). El empaqueo se lleva a cabo con empacadoras forestales instaladas en el semichasis trasero de tractores autocargadores (figura CPII.22).

Debido a la dureza de la madera de eucalipto y a la frecuente presencia de arena o barro en los residuos, se usan compactadoras robustas con sistemas de corte de cuchilla y diseñadas específicamente en España para residuos de este tipo (empacadoras de fabricación asturiana Monra o Dingo) o también empacadoras similares de importación de marcas como John Deere o Valmet.

Aunque en alguna ocasión también se emplea el método de astillado de residuos en monte o cargadero, la orografía compleja de los montes del norte de España, y la mayor simplicidad logística del astillado en planta (para el desembosque y el transporte a fábrica de las pacas se emplean los mismos equipos que para la madera), hace que este sea el método más extendido de aprovechamiento. La reciente compra por parte de Greenalia de 30 empacadoras forestales para el suministro de biomasa a la planta de Curtis dan idea de la prevalencia de este método de aprovechamiento de residuos forestales.



Figura CPII.22. Proceso de empacado de residuos de eucalipto con empacadora Enfo 2000 de la firma asturiana Monra (Fotos: Monra, izquierda y M. Barrio Anta, derecha).

3.5.3. Gestión de tocones

Aunque el destocoado frecuentemente se trata en los proyectos de repoblación forestal dentro del capítulo de “eliminación de la vegetación preexistente”, se puede incluir también en los aprovechamientos madereros, aunque no es habitual. El destocoado consiste en eliminar cepas envejecidas o agotadas tras sucesivos recepes (hasta 4-5 en el norte de España) en masas gestionadas por el método de beneficio de monte bajo. El objetivo es disponer el terreno con las condiciones adecuadas para una nueva plantación. También se recurre al destocoado de las cepas cuando se pretenden introducir nuevos clones procedentes de los programas de mejora genética. El destocoado puede llevarse a cabo por descuaje o extracción y por destrucción in situ (sin extracción) (figura CPII.23).



Figura CPII.23. Destocoado por destrucción in situ del tocón de eucalipto con la cizalla Tecform montada sobre retroexcavadora (izquierda). Detalle de las garras o dientes cortantes de la cizalla (derecha) (Fotos: M. Barrio Anta).

 Sistema completamente mecanizado en masas de eucalipto

 Cabezales Guerra para procesado y descortezado de eucalipto

 Sistemas de aprovechamiento en masas de eucalipto

4. Bibliografía

- Alegria C, Albuquerque T, Roque N, Gerassis S, Fernandez P, Ribeiro, MM (2020) Species ecological envelopes under climate change scenarios: A case study for the main two wood-production forest species in Portugal. *Forest* 11 (8): 880.
- Ambrosio Y, Picos J, Valero E (2001) Condicionantes para los aprovechamientos forestales en Galicia. Tercer Congreso Forestal Español, Granada 25 al 28 de septiembre de 2001, 7 pp.
- BOE (2017) Orden PRA/499/2017, de 1 de junio, por la que se modifica el anexo IX del Reglamento General de Vehículos, aprobado por el Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre. BOE» núm. 131, de 2 de junio de 2017, páginas 45097 a 45101.
- Bravo E, Ortuzar L (2012) Mecanización forestal en Euskadi: tala y desembosque. *Revista Foresta* N° 55: 114-125.
- Bravo E, Ortuzar L (2016) Las taladoras de disco: experiencias en montes gallegos. *Revista Foresta* N° 65: 65-68.
- Bermudez JD, Touza MC, Sanz F (2002) Manual de la madera de eucalipto blanco. Fundación o Fomento da Calidade Industrial e Desenvolvemento Tecnolóxico de Galicia, Ourense.
- Gil L (2020) El eucalipto es una especie exótica, no invasora. Conferencia, Basoa Fundazioa.
- González-Ríos F, Castellanos A, Fernández O, Gómez, C (1998) Manual técnico de selvicultura del eucalipto. Agrobyte, Universidad de Santiago de Compostela.
- Laina R, Acuña M, Picos J (2017) Estado del arte en el transporte de madera en rollo y biomasa desde el monte a fábrica, una comparativa España-Australia. 7º Congreso Forestal Español. Plasencia, Extremadura, 26-30 de junio de 2017, 7CFE01-573.
- López-Sánchez CA, Castedo-Dorado F, Cámara-Obregón A, Barrio-Anta M (2021) Distribution of *Eucalyptus globulus* Labill. in northern Spain: contemporary cover, suitable habitat and potential expansion under climate change. *Forest Ecology and Management*, 481, 118723.
- MITMA (2022) Inspección y seguridad en el transporte. Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. <https://www.mitma.gob.es/transporte-terrestre/inspeccion-y-seguridad-en-el-transporte>
- MTERD (2021) Estadística anual de cortas de madera. Ministerio para la Transición Ecológica y el reto Demográfico. Gobierno de España. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/forestal_estad_anual_cortas_madera.aspx
- Rico J (2018) Galicia quiere jugar la liga de campeones de la biomasa. *Energías renovables* 176, 52–54.
- Ruíz F, López GA, Alejano R (2008) La selvicultura del *Eucalyptus globulus*. En: Serrada R, Montero G, Reque JA (Eds.) Compendio de selvicultura aplicada en España. Pp. 117-154, INIA, Madrid.

- Serrada R, Navarro R, Picos J, Gómez V, Ocaña L, Pemán J (2021) Tratamientos sobre la vegetación. En: Pemán J, Navarro RM, Prada MA, Serrada R (Eds.) Bases técnicas y ecológicas del proyecto de repoblación forestal. Tomo I, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto demográfico, Gobierno de España, Madrid, 970 pp. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/>
- Silva-Pando FJ, Pino-Pérez R (2016) Introduction of *Eucalyptus* in Europe. *Aust. For.* 79(4), 283–291.
- Tolosana E, González VM, Vignote S (2000) El aprovechamiento maderero. Ediciones Mundi Prensa, 580 pp, Madrid.
- Viera M, Ruiz Fernández F, Rodríguez-Soalleiro R (2016) Nutritional prescriptions for eucalyptus plantations: lessons learned from Spain. *Forests* 7, 84.
- Vignote S, Tolosana E, Ambrosio Y, Vivar A, Blanco A, Pajares J, Martínez P, Rojo A, Torre M, Montero G (2001) Manual para la ejecución del aprovechamiento maderero en primeras claras sobre repoblaciones de coníferas. AITIM, Madrid.
- Villapol D (1997) A madeira en Galicia e os aproveitamentos forestais. En: Inventario e aproveitamentos forestais, Proxecto Adapt, E.P.S. Universidade de Santiago de Compostela.
- Xunta de Galicia (2018) 1ª revisión del Plan Forestal de Galicia. Documento de diagnóstico del monte y del sector forestal gallego. Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia, 195 pp.