

TIEMPOS Y RENDIMIENTOS DE DOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE MADERA DE *Populus sp.* EN CASTILLA-LEÓN (ESPAÑA)

Eduardo López Senespleda¹, Yolanda Ambrosio Torrijos²
y Santiago Vignote Peña³

RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos de un estudio comparado de tiempos y rendimientos de dos sistemas aplicados en tres cortas de masas de *Populus sp.* (chopo) situadas en Castilla-León (España). El método de aprovechamiento fue de madera larga o fuste entero. Se trabajó con motosierristas para el apeo y procesado de la madera, así como con palas cargadoras adaptadas con una grapa frontal para el movimiento de fustes y trozas. La técnica de estudio correspondió a la de cronometraje continuo. Se desarrollaron ecuaciones predictivas de tiempos y rendimientos para la elaboración y saca de la madera. Los modelos obtenidos se utilizarán para planificar y predecir tanto los rendimientos, como los costos en cortas similares, distinguiendo por superficie aprovechada (menor de 1 ha y entre 10 y 15 ha). Los parámetros explicativos con mayor repercusión en el rendimiento del apeo y procesado fueron la clase diamétrica ($CDiam$) y la altura de la primera rama viva o altura de poda (h_{1RV}); en la saca de la madera, los más importantes resultaron ser la distancia recorrida (d_{recon}) y el número de fustes o trozas (Nf o Nt). La realización de cargas incompletas supone reducciones muy grandes del rendimiento, lo que debe evitarse mediante una adecuada planificación del manejo de la especie; con base en lo anterior, los resultados aquí reunidos pueden ser una buena referencia.

Palabras clave: Aprovechamiento forestal, Castilla-León, chopo, ecuación de tiempos, modelo de rendimiento, *Populus*.

Fecha de recepción: 24 de agosto de 2005.

Fecha de aceptación: 14 de junio de 2006.

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), Centro de Investigación Forestal (CIFOR).
Correo-e: elopez@inia.es

² Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

³ Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

ABSTRACT

The outcome of a time and productivity study of two organization schedules applied over three poplar tree (*Populus* sp.) fellings in Castilla-Leon (Spain) is presented in this paper. The harvesting system was longwood or full tree. With the aid of forest operators for felling and timber processing, and log loaders for stems and logs hauling field work was made. To predict time and productivity of poplar harvesting, different equations were developed, which were constructed through cumulative timing data. Both manual felling and hauling off by log loader are analyzed. The equations will be used to organize and predict productivity and cost in similar felling, according to the forest harvesting size (less than 1 ha or between 10 to 15 ha). The most important explanatory variables for cutting and timber processing productivity are diameter class (C_{diam}) as well as first living branch height or pruning height (h_{1RV}). For the extraction of timber, the most relevant parameters are covered distance (d_{recorr}) and stem/log number. Incomplete loads means great productivity loss, which becomes a serious problem in forest harvesting. A correct planning and organization in this sense might be useful to solve it. These results may be a first approach to productivity models for poplar fellings, and can be a good reference for management planning of this species.

Key words: Forest harvesting, Castilla-León, poplar, time equations, productivity models, *Populus*.

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones de *Populus* han tenido un crecimiento continuo desde que a mediados del siglo XX, la Administración Pública comenzó a establecerlas en Castilla y León, ya que representan una fuente de ingresos para la población y de materia prima para el sector industrial maderero, así como una alternativa a ciertos cultivos agrícolas excedentes o con producción marginal. En el momento actual, la Comunidad Autónoma de Castilla y León ocupa el primer lugar de España en superficie dedicada a producir especies del género *Populus*, con valores superiores a 45,000 ha (46% del total nacional), donde León, Palencia y Zamora ocupan los tres primeros lugares con 33.30, 15.30 y 12.20% de la superficie de Castilla y León, respectivamente (Rueda, 1998). Estas cifras confirman la importancia de este tipo de plantaciones y sus perspectivas ante la política agraria comunitaria de sustitución de algunos cultivos.

Una investigación de tiempos es un análisis pormenorizado de la distribución del uso de dicho factor en las diversas actividades que componen un esquema de operación concreto, incluidas las ajenas al objetivo principal, pero efectuadas durante el mismo periodo (pausas, incidentes, etc). Estos estudios y su

formulación matemática provienen de la economía y la organización del trabajo, que posteriormente se aplicaron al ámbito forestal como una herramienta de aproximación y mejoramiento de los métodos de aprovechamiento; así como en la elaboración de tarifas y cuadros de precios. Los principales procedimientos involucrados son el "cronometraje discontinuo", en el que transcurrido una fracción de tiempo (por ejemplo un minuto), se registra la operación en ejecución y el "cronometraje continuo" en el que se anota el lapso exacto que dura cada acción de un ciclo productivo (Tolosana *et al.*, 2000).

Para las cortas finales en masas de chopo no existen modelos de tiempos y rendimientos; sólo hay referencias a casos concretos como el de una "chopera" segoviana en terreno llano y con árboles de 0.8 m^3 en que el apeo, desramado y trozado tuvieron un rendimiento de $26 \text{ m}^3/\text{jornada}$ y operario (López, 2003).

En el Cuadro 1 se proporcionan datos citados por Tolosana *et al.* (2000) para especies de *Pinus* en montes cuyas condiciones fisiográficas eran similares a las de este estudio.

Cuadro 1. Rendimientos para especies de *Pinus* en condiciones fisiográficas y de volúmenes unitarios similares.

Operaciones y referencia	Tipo de corta	Especie	Condiciones	Rendimientos
Apeo y desrame	Cortas finales de aclareo sucesivo	<i>Pinus sylvestris</i> L.	P=10%; Vu=1 m ³	51 m ³ /jornada operario
			P=25%; Vu=1.8 m ³	60 m ³ /jornada operario
			P=35%; Vu=2.5 m ³	68 m ³ /jornada operario
Apeo, desrame y trozado (Centro de Biomasa para la Energía)	Corta a hecho	<i>Pinus pinaster</i> Ait.	V _{ext} =260 m ³ ha ⁻¹	14.3 m ³ hp ⁻¹
	Corta a hecho	<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Vu = 1 m ³ P = 1-5%	27 m ³ hp ⁻¹

P = pendiente (%); V_{ext} = Volumen extraído (m³ha⁻¹); Vu = Volumen unitario (m³); Hp = hora productiva.

Los objetivos del presente trabajo consistieron en identificar los factores que más influyen en el rendimiento y desarrollar modelos de tiempos y rendimientos a fin de proporcionar una herramienta de planificación que contribuya a mejorar la gestión de los aprovechamientos de *Populus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en tres plantaciones de *Populus* sp. situadas en Vilecha (León), Duratón (Segovia) y Sta. Marta de Tera (Zamora). Todas son plantaciones homogéneas a raíz profunda del clon I-214, cuyas densidades varían entre 300 pies ha⁻¹ (León) y los 500 pies ha⁻¹ (Segovia). Los diámetros medios se registraron entre la clase diamétrica (CD) 30 cm (León y Segovia) y 35 cm (Zamora).

Las tres áreas se separaron en dos tipos de aprovechamiento, en función de la superficie, sus características y medios utilizados (cuadros 2 y 3). El criterio diferenciador fue la extensión del área aprovechada y la organización del aprovechamiento en el que la carga se hizo a lo largo de la pista, o en un "cargadero" (zona de carga).

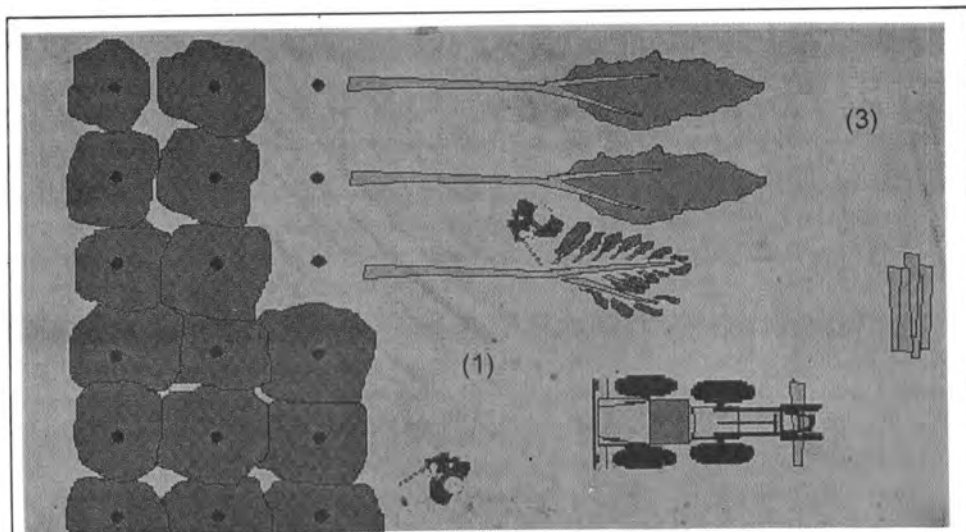
Cuadro 2. Características de los dos tipos de aprovechamiento estudiados.

Aprovechamiento	Situación	Extensión	Organización
Tipo A	Vilecha (León), Sta. Marta de Tera (Zamora)	10-15 ha	Elaboración del manual, saca con pala cargadora al borde de pista y carga para el transporte a lo largo de la misma.
Tipo B	Duratón (Segovia)	< 1 ha	Elaboración del manual, saca con pala cargadora, transporte intermedio con autocargador a un sitio de carga accesible al camión (cargadero).

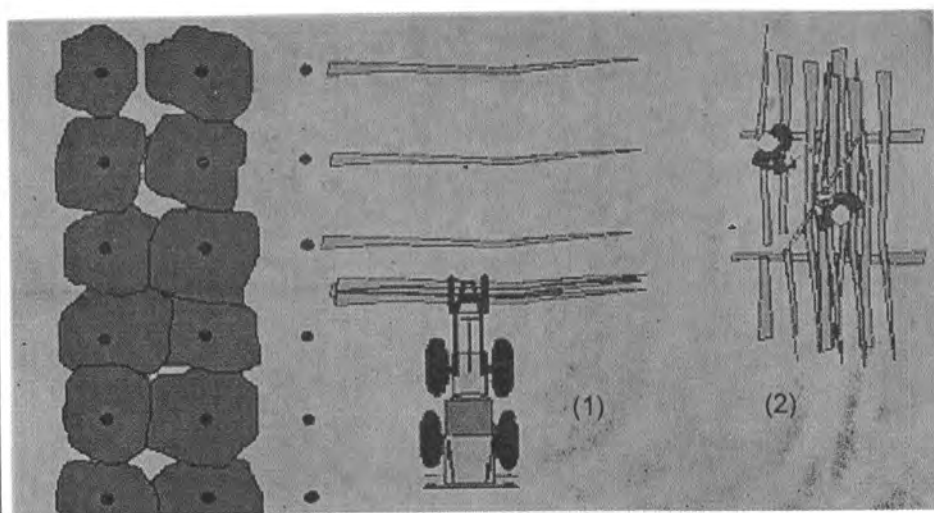
Cuadro 3. Descripción de los recursos humanos y materiales utilizados en los dos tipos de aprovechamiento.

Aprovechamiento	Humanos	Materiales
Tipo A	Dos motosierristas Maquinista	Dos motosierras Stihl 066 Pala cargadora Volvo adaptada con grapa frontal
Tipo B	Motosierrista Maquinista Conductor del autocargador	Motosierra Hüsqvarna 372 Pala cargadora Caterpillar adaptada con grapa frontal Autocargador Volvo

La forma de organización del trabajo según el tipo de aprovechamiento se detalla en la Figura 1.



Zona de apeo y desramado (1). Pala cargadora llevando trozas al borde de pista (3).



Zona de tronzo (2). Pala cargadora recogiendo fustes para traslado a zona 2.

Figura 1. Zonas de trabajo del aprovechamiento Tipo A.

En el aprovechamiento Tipo A existen tres zonas de trabajo:

1. La zona de apeo y desramado
2. La zona de tronzado y
3. La zona de clasificación y posterior carga del camión, situada al borde de pista.

Los operarios apean una fila de individuos y la desraman; mientras, la pala cargadora traslada las trozas desde la zona de tronzado hasta el borde de pista, realizando una clasificación.

Quando los motosierristas terminan de desramar, se dirigen al área de tronzado, donde se turnan en las funciones de medir y cortar. De manera simultánea, la pala cargadora recoge la fila de fustes apeados y los lleva a la zona de tronzado; a continuación la máquina retira los residuos mediante pasadas paralelas con la grapa a ras de suelo (Figura 2), amontonándolos hasta constituir un cordón.



Figura 2. Pala cargadora amontonando los residuos.

En el aprovechamiento Tipo B, el motosierrista hizo el apeo de dos a tres árboles, luego los desramó, despuntó y los trozó. Posteriormente, mientras la pala cargadora retiraba las trozas y apilaba los residuos, el operario aprovechó esos momentos para recargar combustible y dar mantenimiento a la motosierra.

Las malas condiciones de las vías impedían el acceso al camión de transporte y fue preciso usar el autocargador como medio de saca adicional para llevar las trozas al área de carga y clasificarlas (Figura 3).

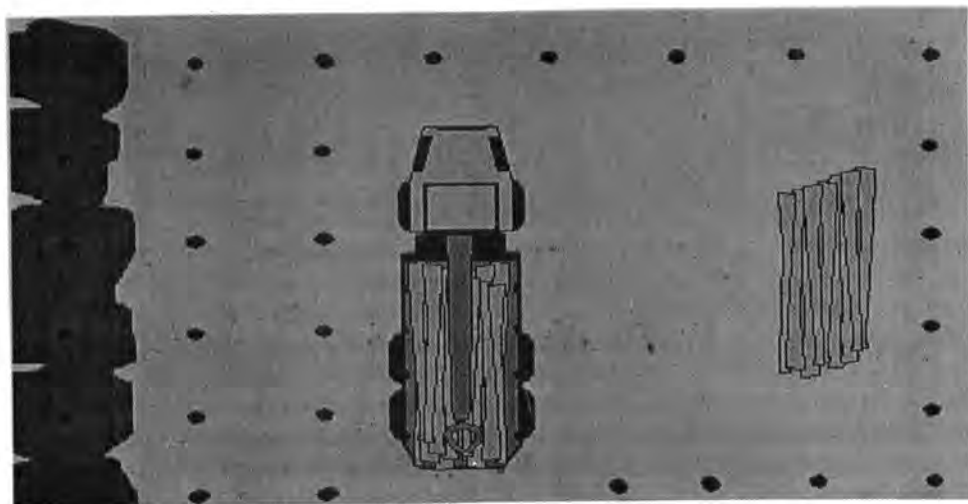


Figura 3. Traslado de trozas por conducto del autocargador.

La toma de datos de campo consistió en realizar cronometrajes continuos (Ambrosio, 2003; Ambrosio *et al.*, 2001; Tolosana, 1999). Se utilizó una computadora de campo Psion Organiser II (Modelo LZ64) con el programa ZPR que permitió el registro de parámetros explicativos atemporales (Cuadro 4); los resultados fueron sometidos a un análisis estadístico mediante el programa Statgraphics plus 5.0.

La terminología de tiempos empleada fue la propuesta por IUFRO, en la que se especifican las diversas categorías temporales en que se puede dividir el trabajo para su cronometraje (Bjöherden, 1995). Los términos usados fueron los siguientes:

Tiempo productivo ($t_{\text{productivo}}$).- Es una parte del periodo de trabajo que se utiliza en contribuir directamente en la ejecución de la tarea específica del ciclo de operación (apear un árbol o desemboscar la madera), es decir, se incluyen aquí todas las actividades en que se manipula el objeto de trabajo, como son los desplazamientos necesarios para realizar estas tareas; por ejemplo, en el caso del motosierrista, sería el apeo, desramado y desplazamiento al siguiente árbol que se va a derribar.

Cuadro 4. Operaciones y parámetros utilizados para la generación de los modelos de tiempos y rendimientos.

Modelo	Operaciones elementales	Parámetros
Motosierrista	Apeo (t_{apeo})	Diámetro y su volumen unitario asociado a la clase diamétrica (CD) correspondiente.
	Desramado (t_{desr})	
	Tronzado (t_{trnz})	Altura de poda (h_{1RV}).
	Medición (t_{med})	Distancia recorrida (d_{recon}).
	Desplazamiento (t_{desp})	
	Mantenimiento (t_{mant})	
	Repostado (t_{repost})	
Reparación (t_{repar})		
Máquina	Desplazamiento vacío por monte (t_{DVM})	Diámetro (y su volumen unitario asociado).
	Carga (t_{carga})	Distancia recorrida (d'_{recon}).
	Desplazamiento semicargado (t_{Dsemic})	Número de fustes (Nf) o de trozas (Nt).
	Desplazamiento cargado por monte (t_{DCM})	
	Descarga (t_{desc})	
	Colocación de trozas (t_{coloc})	
	Ayuda en apeo (t_{ayud})	
	Reparación (t'_{repar})	

Tiempo de trabajo ($t_{trabajo}$).- En éste se consideran todas las operaciones implicadas directa o indirectamente en la consecución del trabajo; por lo tanto, comprende la fase productiva más otras como el de mantenimiento, repostado y otros trabajos auxiliares.

Tiempo de presencia ($t_{\text{presencia}}$).- Son los tiempos de desplazamiento a la zona de trabajo, montajes y desmontajes, comidas, interrupciones por visita, etc. En definitiva, es el lapso que permanecen los operarios en la zona de aprovechamiento.

Para el cálculo de los volúmenes, se emplearon tarifas de cubicación elaboradas por la empresa adjudicataria y unas tablas usadas por la Confederación Hidrográfica del Duero (Fernández, 1998).

Mediante regresión lineal de los parámetros explicativos se generaron modelos que estiman los tiempos de cada una de las operaciones elementales del ciclo de trabajo considerado. Los correspondientes al motosierrista o al medio de desembosque son ecuaciones pormenorizadas o analíticas (Tolosana *et al.*, 2000) que resultan de la suma de las ecuaciones de tiempo para cada operación elemental realizada, de lo que se obtiene una ecuación del tipo siguiente:

$$t_{\text{trabajo}} (s / \text{ciclo}) = K_0 + \sum_i^{i=n} t_i \quad [1]$$

Donde:

- t_i = modelo de tiempo de cada operación elemental del ciclo de trabajo.
- i, \dots, n = conjunto de operaciones del ciclo de trabajo que dependen de parámetros explicativos.
- K_0 = Suma del tiempo medio empleado en el conjunto de las operaciones elementales del ciclo de trabajo que no dependen de ningún parámetro explicativo (tronzado, medición, reparación, mantenimiento y repostado en motosierristas; descarga, colocación de trozas, ayuda en apeo, reparación y apilado de residuos en el desembosque).

Los modelos de rendimientos que estiman los metros cúbicos por hora de trabajo (fracción horaria del tiempo de trabajo) se desprenden de la siguiente expresión matemática:

$$R (m^3 / h_i) = \frac{3600 (s/h) \cdot v_{\text{uni}} (m^3 / \text{ciclo})}{t_{\text{trabajo}} (s / \text{ciclo})} \quad [2]$$

Donde:

- $R(m^3/ht)$ = Rendimiento expresado en metros cúbicos por hora de trabajo
 V_{unit} = Volumen unitario del fuste (m^3)
 $t_{trabajo}$ = Tiempo de trabajo (seg)
 h_t = Hora de trabajo (fracción de tiempo de trabajo)

Los coeficientes de productividad de una máquina u operario forestal son parámetros atemporales, que muestran el grado de aprovechamiento del tiempo por cada uno de ellos. Éstos permiten la conversión de los resultados a distintas unidades de tiempo, que puede ser de presencia, de trabajo o productivo. Así pues, para obtener los rendimientos en metros cúbicos por hora productiva, basta dividir el rendimiento (ecuación 2) entre el coeficiente de productividad sobre tiempo de trabajo:

$$R(m^3/h_p) = \frac{R(m^3/h_t)}{Coef. \left(\frac{t_{productiva}}{t_{trabajo}} \right)} \quad [3]$$

Donde:

- $Coef.$ = Coeficiente de productividad que relaciona el tiempo productivo con el tiempo de trabajo (atemporal)
 h_p = Hora productiva (fracción de tiempo productivo)

RESULTADOS

Los modelos de tiempos para el motosierrista y el medio de saca de cada tipo de aprovechamiento se muestran en el Cuadro 5.

Los coeficientes de productividad (o distribución de tiempos) obtenidos en los dos tipos de aprovechamientos se resumen en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Modelos simplificados de tiempos para cada medio empleado según el tipo de aprovechamiento.

	Modelos de tiempo	Media y rango	
Aprovechamiento Tipo A	Motosierrista	$t \left(\frac{s}{ciclo} \right) = 55.05 + 0.83 \cdot CD + 0.98 \cdot d_{reco} + \frac{559.37}{h_{1RV}}$	CD = 35 cm [20-45] d _{reco} = [5-35] H _{1RV} = 7.5 m [5-12]
	Máquina (pala cargadora)	$t \left(\frac{s}{ciclo} \right) = 62.35 + 1.69 \cdot d'_{reco} + 3.25 \cdot Nf$	d' _{reco} = 36 m [10-100] Nf = 2.5 [1-4]
Aprovechamiento Tipo B	Motosierrista	$t \left(\frac{s}{ciclo} \right) = 27613 + 1.18 \cdot CD + 1.20 \cdot d_{reco} - 23.24 \cdot h_{1RV}$	CD = 35cm [15-45] d _{reco} = [3-15] H _{1R} = 4.6m [4-6]
	Máquina (pala cargadora)	$t \left(\frac{s}{ciclo} \right) = 34.81 + 3.02 \cdot d'_{reco} + 7.87 \cdot Nf$	d' _{reco} = 16 m [5-25] Nf = 3 [1-4]

CD = Clase diamétrica en intervalos de 5 cm; h_{1RV} = Altura de poda o altura de la primera rama viva (m); d_{reco} = Distancia recorrida media del motosierrista; d'_{reco} = Distancia recorrida media de la máquina; Nf = Número de fustes; Nf ... = Número de trozas transportados por la máquina en cada ciclo.

Cuadro 6. Coeficientes de productividad de los dos tipos de aprovechamientos.

Coeficiente	Aprovechamiento			
	Tipo A		Tipo B	
	Motosierrista	Máquina	Motosierrista	Máquina
$\frac{h_{productiva}}{h_{trabajo}}$	82.12	89.84	80.81	86.45
$\frac{h_{productiva}}{h_{presencia}}$	55.30	46.08	38.49	31.55
$\frac{h_{trabajo}}{h_{presencia}}$	67.34	51.29	47.63	36.50

Con base en lo anterior y mediante la transformación de la ecuación 2, se producen los modelos correspondientes a los rendimientos en metros cúbicos por hora de trabajo para determinadas condiciones de aplicación, que se derivan del tipo de aprovechamiento. Para los motosierristas se generaron los del Cuadro 7.

Cuadro 7. Intervalos de aplicación y modelos de rendimientos para los motosierristas por el tipo de aprovechamiento.

Aprovechamiento Tipo A	$R(m^3/h_t) = \frac{3.600 \cdot v_{unit}}{\left[55.05 + 0.83 \cdot CD + 0.98 \cdot d_{reco} + \frac{559.37}{h_{URV}} \right]}$
	Intervalo de aplicación: <i>Extensión: 10-15 ha</i> Volumen unitario (V_{unit}) = 1.00 m ³ [0.18-1.65]
Aprovechamiento Tipo B	$R(m^3/h_t) = \frac{3600 \cdot v_{unit}}{\left[276.13 + 1.18 \cdot CD + 1.20 \cdot d_{reco} - 23.24 \cdot h_{URV} \right]}$
	Intervalo de aplicación: <i>Extensión: < 1 ha</i> Volumen unitario (V_{unit}) = 1.00 m ³ [0.18-1.65]

Con las ecuaciones previas se diseñó la Figura 4, en la que se refleja el efecto de la distancia recorrida, el parámetro que más influye, una vez fijados los otros dos parámetros con sus valores más frecuentes.

Para las palas cargadoras adaptadas, los modelos de rendimientos que resultan del mismo procedimiento se presentan en el Cuadro 8.

En la Figura 5 se observa el impacto de la variación de la clase diamétrica, una vez fijados los otros parámetros con sus valores más frecuentes.

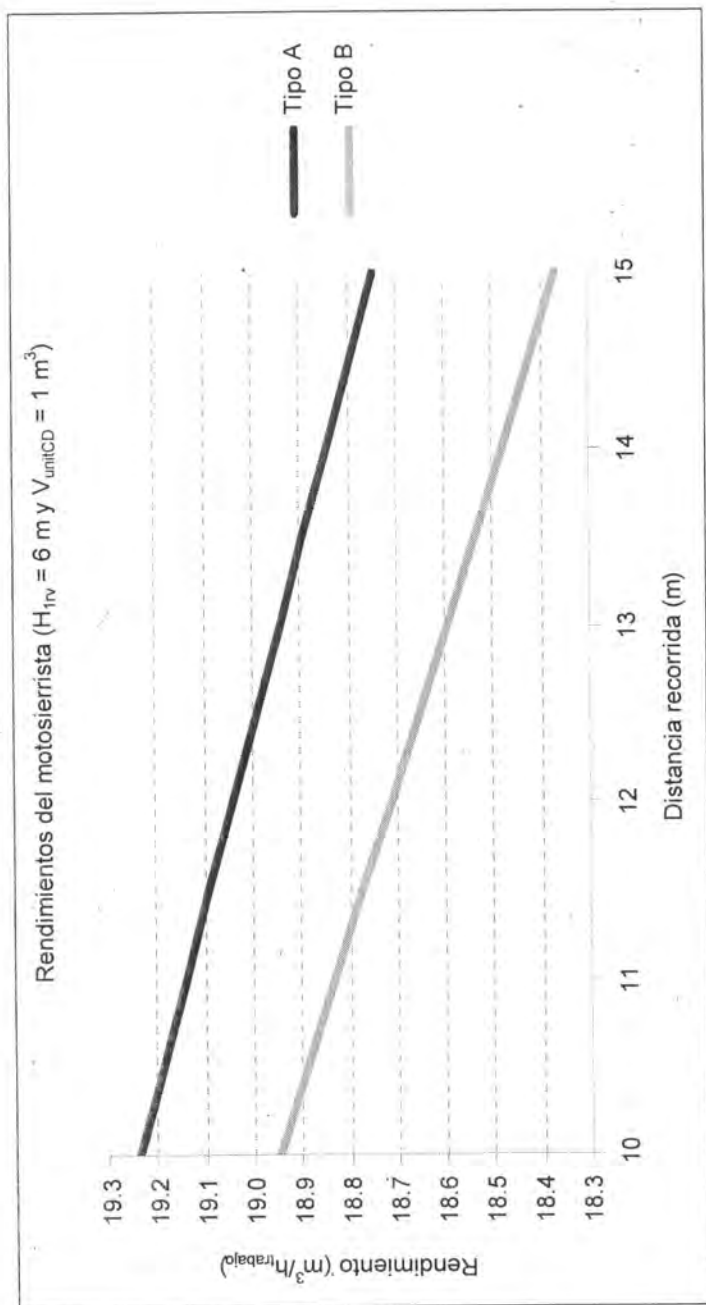


Figura 4. Rendimientos del motosierrista en función de la distancia recorrida.

Cuadro 8. Modelos de rendimientos e intervalos de aplicación para las máquinas según el tipo de aprovechamiento.

Aprovechamiento Tipo A		$Rdto \left(\frac{m^3}{h_i} \right) = \frac{3600 \cdot v_{unit} \cdot Nf}{[62.35 + 1.69 \cdot d_{reco} + 3.25 \cdot Nf]}$
		Volumen unitario (V_{unit}) = 1:00 m ³ [0.18-1.65]
	Intervalo de aplicación	Distancia recorrida (d_{reco}): de 10-100 m (promedio de 36 m)
		Nº fustes por viaje (Nf): de 1 a 4 fustes (promedio de 2,5)
	Clasificación de la madera: SI	
Aprovechamiento Tipo B		$Rdto \left(\frac{m^3}{h_i} \right) = \frac{3600 \cdot v_{unit} \cdot Nt / Nt_{medio}}{[34.81 + 3.02 \cdot d_{reco} + 7.87 \cdot Nt]}$
		Volumen unitario (V_{unit}) = 1.00 m ³ [0.18-1.65]
	Intervalo de aplicación	Distancia recorrida (d_{reco}): de 5 a 25 m (promedio de 16 m)
		Nº trozas por viaje (Nt): de 1 a 4 trozas (promedio de 3)
	Nº medio de trozas por fuste (Nt_{medio}) = 3.7 trozas	
	Clasificación de la madera: NO	

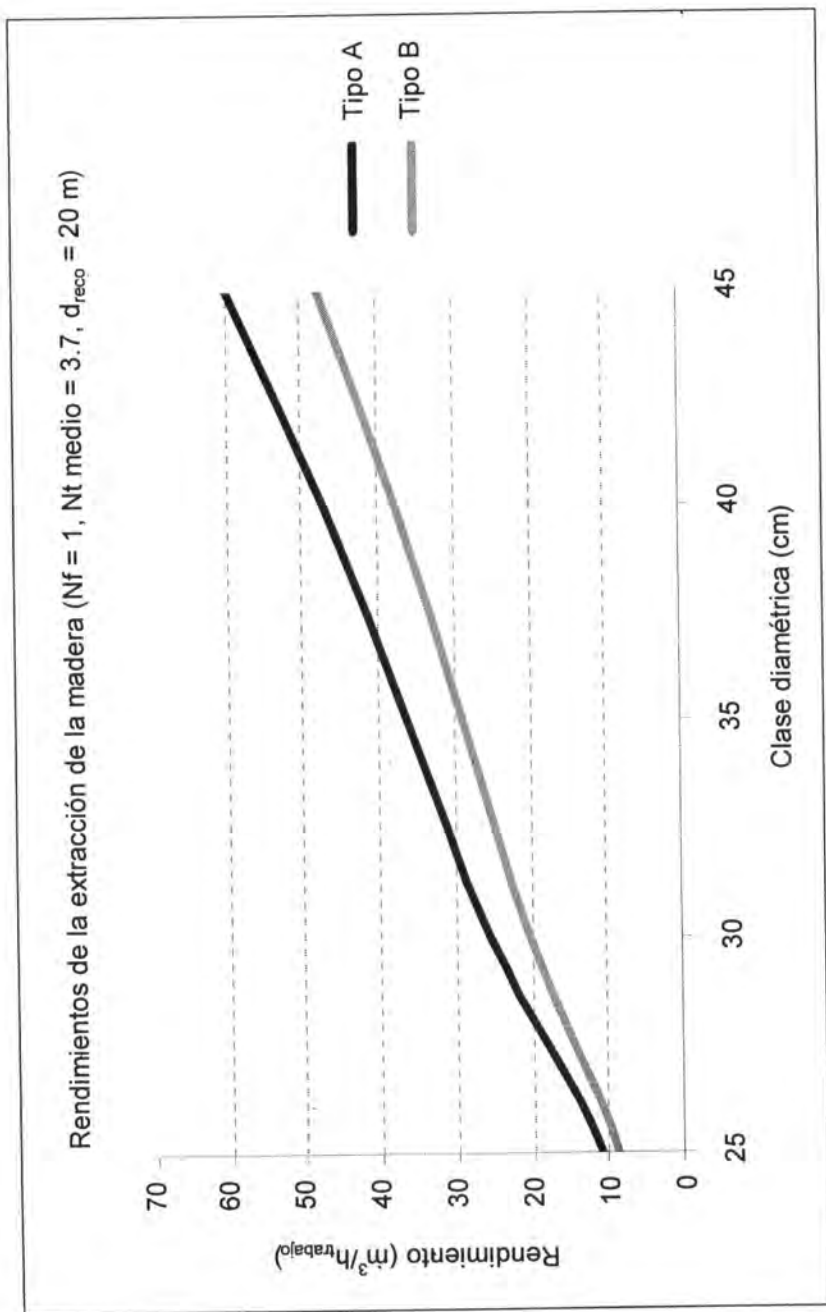


Figura 5. Rendimientos en la saca de la madera con la pala cargadora en función de la clase diamétrica.

DISCUSIÓN

No existen modelos de tiempos y rendimientos para las cortas finales en plantaciones de *Populus*, sólo referencias a casos concretos.

Para las condiciones más frecuentes en esta clase de aprovechamientos (altura de la primera rama de 6 m, distancia recorrida de 15 m y volumen unitario del fuste de 1 m^3 , para una clase diamétrica de 35 cm) se estima un rendimiento medio de los operarios manuales de $18.75 \text{ m}^3/\text{hr}$ de trabajo en el aprovechamiento tipo A y un $18.37 \text{ m}^3/\text{hr}$ de trabajo en el de tipo B. La diferencia en los rendimientos de las operaciones manuales es muy pequeña (menos de 2% con árboles de 1 m^3 y la altura de poda que varió de 4 a 6 m y distancia recorrida de 5 a 15 m) debido a que los parámetros fisiográficos son similares, así como la organización de los trabajadores.

Las características promedio de los sistemas de saca en los aprovechamientos estudiados, distancia recorrida de 20 m y transporte de un fuste (o una media de 3.7 trozas) se estima un rendimiento medio de la saca de $36.22 \text{ m}^3/\text{hr}$ de trabajo en el A y un rendimiento de $28.96 \text{ m}^3/\text{hr}$ de trabajo en el tipo B; es decir, el rendimiento es 20% menor en las zonas de menor extensión, lo que comprueba la trascendencia de la organización para el aprovechamiento.

El incremento en los rendimientos de saca en el caso de cargar cuatro fustes frente a uno por ciclo de trabajo (para distancias recorridas de 20 m) es de 73% en las explotaciones de mayor extensión (Tipo A) y de 57% en las de pequeña extensión (Tipo B). Las cargas incompletas por parte de los medios de saca repercuten mucho en los rendimientos y costos, por lo tanto, se deben evitar en la medida de lo posible.

Este trabajo es una primera aproximación y un punto de partida para la futura elaboración de modelos más completos y eficaces que contemplen más situaciones y tamaños de aprovechamiento, al tiempo que proporciona una herramienta de cálculo al gestor, al darle una referencia inicial para trabajar.

CONCLUSIONES

Las variables que más inciden en los tiempos y rendimientos de los motosierristas son el diámetro del pie extraído; en consecuencia, su volumen asociado y la distancia recorrida en sus desplazamientos. Otra variable con menor influencia, pero no menos importante, es la altura de poda de los árboles.

Las variables que más repercuten en los rendimientos del medio de desembosque son el número de fustes que transporta, por lo tanto el volumen de carga en cada viaje, y la distancia recorrida.

La realización de cargas incompletas supone reducciones muy grandes del rendimiento y que deben evitarse en la medida de lo posible mediante la planificación del aprovechamiento, de tal manera que el medio de saca disponga del máximo número de fustes o trozas que pueda transportar en cada ciclo de trabajo.

Las diferencias en los rendimientos de las operaciones manuales de las dos explotaciones son inferiores a 2%.

REFERENCIAS

- Ambrosio, Y. 2003. Modelos de tiempos, rendimientos y costes de las operaciones semi-mecanizadas de aprovechamientos de claras de masas de *Pinus sylvestris* L. Tesis Doctoral. ETSI Montes (UPM). Madrid, España. 320 p.
- Ambrosio, Y., E. Tolosana y S. Vignote. 2001. Rendimientos y costes de los aprovechamientos en claras sobre repoblaciones de pino silvestre (*Pinus sylvestris*). In: Actas del IIIº Congreso Forestal Español, Granada. España. Mesa 5, pp. 907-914.
- Bjöherden, R. 1995. Forest Work Study: Nomenclature. IUFRO WP 3.04.02. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Operational Efficiency. Garpenberg, Sweden. 22 p.
- Fernández, A. 1998. Guía para determinar el precio de la madera de chopo en pie. Estimación de existencias y análisis económico sobre la rentabilidad de las choperas. Confederación Hidrográfica del Duero. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. 203 p.
- López S., E. 2003. Estudio de tiempos, rendimientos y costes de dos sistemas de organización de los trabajos de apeo y reunión en las cortas de aprovechamiento de chopo en Castilla-León. Proyecto Fin de Carrera. ETSI Montes (UPM). Madrid, España. 131 p.
- Rueda, J. 1998. Populicultura en Castilla y León. Montes. 52:43-50.
- Tolosana, E. 1999. El aprovechamiento forestal mecanizado en las cortas de mejora de *Pinus sylvestris* L. Modelos de tiempos, rendimientos y costes y estudio de sus efectos ambientales. Tesis Doctoral. ETSI Montes (UPM). Madrid. España. 220 p. + anexos.
- Tolosana, E., S. Vignote y V. M. González. 2000. El aprovechamiento maderero. Ediciones Mundi-Prensa y FUCOVASA. Madrid, España. 573 p.