

PRODUCTIVIDAD DE COSECHADORAS FORESTALES Y TRACTORES AUTOCARGADORES EN CLARAS MECANIZADAS SOBRE REPOBLACIONES DE CONÍFERAS. EVALUACIÓN DE EFECTOS AMBIENTALES DIRECTOS.

E. TOLOSANA* , S. VIGNOTE* , V. GONZÁLEZ* , P. MARTÍNEZ ZURIMENDI** & Y. AMBROSIO*.

* DPTO. DE ECONOMÍA Y GESTIÓN DE LAS EXPLOTACIONES E INDUSTRIAS FORESTALES. E.U.I.T.FORESTAL. U.P.M. CIUDAD UNIVERSITARIA S/N. 28040. MADRID.

** E.U.P.AGRARIA DE PALENCIA. U. DE VALLADOLID. AVDA. DE MADRID, 57. 34071 PALENCIA.

RESUMEN

La presente comunicación expone la metodología y resultados preliminares de un trabajo sobre claras en repoblaciones de Pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), en lo referente a su caracterización dasométrica en condiciones reales, la descripción de sus efectos ambientales de carácter desfavorable (sobre suelo y masa remanente) y la productividad de distintos medios de apeo y desembosque, con especial énfasis en las claras totalmente mecanizadas. Es de resaltar, en estos resultados preliminares, la elevada intensidad de las intervenciones y el nivel de daños, superior a los límites permitidos en los países de nuestro entorno.

P.C.: Aprovechamiento forestal, claras, impacto ambiental, maquinaria forestal, productividad.

SUMMARY

This paper intends to show the methodology and preliminary results of some experiences about thinnings in scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. The aim is characterizing these operations in field conditions, describing their environmental effects on soils and residual stands and, finally, quantifying the productivity of several felling and skidding technologies - mainly full-mechanized thinnings -. The results show an average high intensity of thinnings and a damage average level overpassing the accepted standards in Europe.

K.W.: Forest harvesting, thinnings, environmental effects, forest machinery, performance

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos tres años, un equipo de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) está llevando a cabo estudios sobre las cortas de mejora en masas repobladas de la Cuenca del Duero (en su gran mayoría, pinares de *P. Sylvestris*).

Se pretende, en una primera fase, caracterizar las claras, evaluar sus efectos negativos sobre los suelos, la masa remanente, las especies arbóreas acompañantes y el sotobosque, así como valorar la acumulación de residuos. Paralelamente, se han desarrollado estudios de tiempos y rendimientos de las operaciones ejecutadas con distintas combinaciones de medios.

El estudio se plantea el seguimiento futuro de la evolución de los impactos negativos (identificación de problemas fitosanitarios y daños físicos por viento o nieve), de los efectos de estos daños - y de las propias claras - sobre el vigor vegetativo y, finalmente, del crecimiento y

producción de las masas. Para este fin, se ha establecido un aparato experimental con tres parcelas aclaradas y una “testigo” en cada corta, replanteadas y señaladas como permanentes.

La financiación parcial por la U.P.M. y por la Junta de Castilla y León ha sido completada por la aprobación de un Proyecto CICYT que permitirá proseguir los análisis hasta el horizonte del año 2001. Se presenta a continuación un resumen de la metodología empleada, junto con un avance de los resultados preliminares de estas experiencias.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la obtención de los datos, se ha diseñado un muestreo en cuatro niveles:

A. Caracterización fisiográfica y dasométrica:

> Descripción: toma de datos sobre factores fisiográficos e Inventario por conteo diamétrico completo - con submuestra de árboles para altura/ramosidad/clasificación sociológica - en tres parcelas de 40x40 m² en cada explotación. Parcela testigo adicional.

> Fases: medición anterior y posterior a la explotación ($A_0 - A_t$).

B. Inventario de efectos sobre suelo, masa residual y vegetación acompañante.

> Descripción: toma de datos sobre:

- Daños edáficos superficiales y compactación.

- Daños en masa residual y sobre la vegetación acompañante.

- Cubierta superficial y altura media de las acumulaciones de residuos de corta.

realizándose las medidas en una submuestra de 12 parcelas circulares (R=5m) en cada clara.

> Fases: medición anterior y posterior a la corta. ($B_0 - B_t$), simultáneas a A_0 y A_t .

C. Estudio de la distribución de tiempos de trabajo de la maquinaria y de su rendimiento en número de pilas.

> Descripción: Distribución del tiempo de las máquinas entre las distintas actividades, por seguimiento del trabajo (cronometraje continuo). Estimación de la productividad por conteo del número de pilas formadas o cargadas en el lapso de seguimiento.

> Fases: Durante las operaciones de apeo y procesado, control del personal o máquinas ejecutoras. Durante el desembosque, seguimiento de la maquinaria de saca ($C\{c\}$ y $C\{s\}$).

D. Estudio de productividad en volumen.

> Descripción: Evaluación de la producción de madera (en m³ c/c) durante dichos períodos de seguimiento, cubicando por Smalian una muestra de pilas.

> Fase: medición única, D, coincidiendo con el control de las operaciones de apeo $C\{c\}$.

Se empleó material de inventario forestal (forcípulas, hipsómetros, cintas métricas, brújulas) para las mediciones, un penetrómetro de cono RIMIK CP 10-A para el estudio de la compactación, y un medidor de humedad TDR de la casa TRASE para el estudio de la humedad del suelo, así como cronómetros y estadillos específicos para el estudio de tiempos.

Las parcelas permanentes volverán a ser medidas en los próximos años, con los objetivos previstos. Se plantean dos fases de remediación, a los dos y cuatro años de la corta.

RESULTADOS PRELIMINARES

La primera fase del estudio ha cubierto veinte claras en Burgos, Palencia, Segovia y Álava..

a) *Caracterización de las intervenciones.* Los parámetros dasométricos de las claras se muestran en la Tabla nº1, en que destaca su intensidad elevada, por la apertura generalizada de “calles” necesarias para el desplazamiento de la maquinaria - la distancia media entre las calles es 19,2 metros, con rango de 11 a 35 - y , en algunos casos, por un peso de clara injustificable desde el punto de vista selvícola.

Los medios empleados para la ejecución fueron los siguientes:

- Cosechadora forestal ligera (Lokomo Makeri 34 T).....CL
- Cosechadora forestal con grúa (Norcar).....CG
- Apeo y procesado con motosierra, apilado manualMAN
- Autocargador ligero/medio - Norcar - (carga media: 10,1 m3).....AL
- Autocargador medio/pesado - Volvo, Kockum y otros - (carga media: 13,9 m3).....AP
- Tractor de arrastre (skidder), saca en paquetes de 2 m3.....SP
- Tractor agrícola adaptadoTA

El número de claras por cada combinación se muestra en la Tabla nº2. Para completar el estudio, hay que ampliar el número de cortas analizadas con las tecnologías menos representadas, sobre todo apeo manual y saca con autocargador, tractor agrícola y skidder en paquetes. También está previsto estudiar casos de saca con cable aéreo.

b. *Efectos ambientales desfavorables.*

b.1.- Daños sobre los suelos. Se ha estimado *la superficie media afectada por escalpado superficial y rodadas de tractor*, como del 10,2 %, con amplio rango de variación (0,4 al 38%). La profundidad media de estas alteraciones se ha evaluado en 7 cm., con valores de hasta 13,4 cm. Se puede destacar que, con una excepción, los mayores valores en cuanto a superficie alterada corresponden a las claras con cosechadora ligera (que, al carecer de grúa, se tiene que introducir en las entrecalles para llegar al pie de cada árbol).

En las 11 claras en que se pudo medir la humedad edáfica en la época de la saca - con rango de 13,4 a 36,8 % en volumen - ésta no parece influir en la superficie afectada ni en la profundidad de los daños, a pesar de que hay numerosas experiencias que indican una fuerte correlación positiva (Hildebrand, 1989).

En cuanto a la *compactación*, se cuenta sólo con datos brutos de resistencia a la penetración (kPa) a distintas profundidades. Se está elaborando una curva para la corrección de esos valores en función de la humedad edáfica en el momento del ensayo, que influye considerablemente. Los resultados más significativos se encuentran en las mediciones realizadas en las rodadas de tractor. Aun sin corregir los datos, se detecta compactación superficial - hasta 18 cm. de profundidad - significativa en los suelos húmedos ($H > 20\%$, $n=6$), con un 64% de incremento medio con respecto a la parcela testigo, mientras la compactación profunda fue del 16,1%.

En los suelos secos ($H < 20\%$, $n=5$), no se detecta compactación significativa a ninguna profundidad.

Para la resistencia a la penetración superficial, se han obtenido los siguientes valores medios de incrementos con respecto a la parcela testigo, en función de las tecnologías empleadas:

- Cosechadora & Skidder ($n=2$): + 119%
- Cosechadora & Autocargador medio/grande ($n=10$): +40%
- Cosechadora & Autocargador ligero/medio ($n=3$): +1,6%
- Motosierra & Autocargador medio/pesado($n=3$): +12,5%

En cuanto a la compactación profunda, sólo se detectaron valores significativos del incremento (+21%) en el caso de saca con *skidder* en paquetes.

Los valores precedentes se deben interpretar como preliminares y meramente indicativos, dado el pequeño tamaño de las muestras en algunos casos y sobre todo la falta de calibración de las mediciones con la humedad.

b.2.- Daños en la masa remanente. Los niveles de daños en la masa remanente son relativamente elevados, con media un 13,9% de los árboles con heridas - rango de 0 a 30,1%, más un caso especial con un 48,3%-; si sólo se contabilizan daños de cierta entidad (afectando a la albura y/o con superficie mayor de 200 cm²), la media es del 5,8% y el rango de 0 a 12,3, excepto dicho caso especial, con 28,3%.

El factor que más influye sobre el porcentaje de árboles dañados parece ser la pendiente. En una clara efectuada de forma experimental, con una pendiente del 37,5% - por encima de los límites de trabajo eficiente de cosechadora y autocargador - se produjeron los más elevados daños (48%, 28% de consideración). Se trata del caso particular al que se hacía referencia.

En la saca con autocargador, los resultados, en función de la pendiente, son los siguientes:

	Nº claras	% Daños	%Daños graves
Pendiente > 9%	5	18,3	8,6
Pendiente <= 9%	11	15,2	4,6

La razón está en la mayor dificultad de maniobra de las máquinas en terrenos en pendiente, y la tendencia consiguiente a acercar las calles de tractor, sobre todo por encima del 25/30%.

En cuanto a los daños registrados empleando las diferentes tecnologías de apeo y saca, se han obtenido los siguientes resultados preliminares:

	%Daños	%Daños graves
- Cosechadora ligera & Autocargador medio/pesado (n=2)	22,4	9,5
- Cosechadora c/grúa & Autocargador medio/pesado(n=8)	15,0	3,9
- Cosechadora c/grúa & Autocargador ligero/medio (n=2*)	8,7	6,6
- Cosechadora c/grúa & Skidder en paquetes (n=2)	9,0	7,8
- Manual con motosierra & Autoc. medio/pesado (n=3)	9,7	1,9

* Se ha excluido el caso de alta pendiente, por su singularidad.

Se aprecian más daños cuando la cosechadora tiene que desplazarse por las entrecalles (cosechadoras ligeras). Parece detectarse un porcentaje algo mayor de daños cuando se usan autocargadores pesados. No obstante, los resultados deben también tomarse como provisionales, dado el pequeño número de experiencias para la mayor parte de las combinaciones.

Si se contempla el efecto de la humedad del suelo en el momento de la saca, en los casos en que se pudo medir, se tiene:

	%Daños	%Daños graves
- H<20% (n=4*)	8,8	2,3
- H>20% (n=6)	10,1	5,2

* también se ha excluido aquí el caso atípico con pendiente del 37,5%

Estos valores vuelven a evidenciar que el control más dificultoso de las máquinas cuando el suelo está húmedo origina un aumento de la proporción de pies dañados.

b.3.- Efecto sobre las especies acompañantes y el sotobosque. En los pocos casos en que estaban presentes especies mejoradoras o de interés para la fauna - *Q. pyrenaica*, *J. regia*, *I. aquifolium*, *C. monogyna* - se detectaron daños indiscriminados y en algún caso una reducción de densidad superior a la de la especie principal, debido a que se procuraba señalar las calles por zonas con baja densidad de pinos, que coincidían con la mayor presencia de marojo, o a la falta de conciencia al respecto por parte de algunos maquinistas.

En cuanto al sotobosque, se produce una reducción más o menos intensa de su fracción de cabida cubierta (-37%) y de su altura media (- 20%). Esta reducción se considera en general de escasa trascendencia porque la menor espesura supondrá una promoción futura del matorral.

b.4.- Efecto de producción de residuos de corta. En el conjunto de los casos, se produjeron acumulaciones de restos cubriendo como media un 26% de la superficie, y con una altura promedio de 40 cm. La acumulación de residuos no se considera, por su pequeña dimensión, peligrosa desde el punto de vista sanitario. No obstante, supone un incremento del peligro de incendios y un estorbo para la transitabilidad.

Hay que indicar que en tres de los casos se llevó a cabo su eliminación por medio de desbrozadora sobre bulldozer, aprovechando que el apeo mecanizado supone acumulación de los residuos en las calles de tractor.

c) *Productividad de las operaciones*. Los resultados en cuanto a rendimientos en las claras analizadas hasta el momento y las que completarán el plan de trabajo, permitirán elaborar modelos de productividad para las distintas tecnologías, tras la identificación y cuantificación del efecto de sus factores determinantes.

Provisional, se indican en la Tabla nº3 las productividades medias y sus rangos de variación.

Para las definiciones de los conceptos de estudio de tiempos, se ha adoptado el criterio definido por el grupo 3.04.02 de IUFRO (BJOHERDEN, 1995). También se indican los porcentajes de tiempo productivo sobre el tiempo de presencia total - excluyendo comidas y desplazamientos a y desde los lugares de residencia de los operarios -.

Se ha excluido de los cálculos un caso de saca con autocargador ligero en que se extraían sólo las pilas sobrantes y abandonadas, con un rendimiento muy bajo, por su atipicidad.

CONCLUSIONES

Las claras son imprescindibles en nuestras repoblaciones, y se están efectuando, por razones económicas, con notable retraso respecto a lo prescrito por la selvicultura - la mayor parte de las claras estudiadas son la primera intervención y la edad media de las masas es de 36 años.

En tanto suponen la puesta en valor de las repoblaciones, mejoran su estado vegetativo y reducen el riesgo de incendios, debemos celebrar el actual incremento de este tipo de intervenciones, tanto las iniciativas valientes de la Administración como la participación responsable de la industria. Su mecanización es la única alternativa viable desde el punto de vista económica, y la más adecuada si atendemos a la dignificación del trabajo humano.

No obstante, en muchos casos, se detecta un incremento notable de la intensidad de corta sobre lo deseable desde el punto de vista cultural. Además, los niveles de daños detectados son superiores (mucho, en algunos casos) a los considerados como admisibles en nuestro entorno. Esto último se puede achacar, por un lado, a la falta de preparación de algunos maquinistas (no hay que olvidar la inexistencia de centros de formación) y a la falta de concienciación, en algunas empresas ejecutoras, sobre la necesidad de reducir estos daños.

Sería del máximo interés por ello la definición de niveles de daños aceptables y el desarrollo de sistemas sencillos para su control por la Administración, en un proceso flexible pero progresivo, y la concienciación creciente de la industria, con el acicate de la cercana "ecocertificación" de los productos de la madera.

En cuanto al presente Proyecto de investigación, los resultados preliminares muestran que debe extenderse (para este tipo de cortas) a las tecnologías y condiciones fisiográficas que están aún poco representadas, para consolidar unos resultados definitivos de mayor validez.

AGRADECIMIENTOS

Es imposible no quedar en deuda con las Administraciones Forestales de Castilla y León y Álava, por la colaboración decidida tanto de sus Técnicos como de la Guardería. También recordamos con gratitud la cooperación desinteresada de las empresas ejecutantes: Central Forestal, Guipuzcoana Forestal, Santiago González Maderas, Grupo Losán y muchos otros que han apostado en firme por la colaboración Universidad-Empresa.

Hay que hacer una referencia especial a los taladores y maquinistas, sin cuya ayuda en el cronometraje (y a veces cambiando sus planes de trabajo) no hubiera sido posible este estudio.

Y finalmente, pero con especial cariño, a los jóvenes ingenieros que han colaborado en la toma de datos, al pequeño ejército que ha hecho realidad este trabajo aun en las épocas de cierta penuria, los ex-alumnos de las Escuelas E.U.I.T. Forestal y E.T.S.I. Montes de la U.P.M. y de la E.U.P.A. de Palencia F. Pacheco, J.M. Cogollos, J.M. Néstar, A. Mota, T. Moreno, M. Fraile, R,

Sánchez Mateos, J. M. Castuera, M. Garzón, R. Tejada, F. Martínez Capel, R. Alonso, L. Arrabal, D. Martín Arribas, M. A. González Díez y J. M. Marchena. A todos ellos, y a los que pudieran faltar en la relación, nuestra gratitud y reconocimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BJOHERDEN, R. (1995). *Forest Work Study. Nomenclature*. IUFRO WP 3.04.02. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Operational Efficiency. Garpenberg, Suecia.

HILDEBRAND, E.E. (1989). *The influence of soil compaction on soil functions in forest sites*. Pp. 149-160, en "Proceedings of the seminar on "Impact of mechanisation of forest operations to the soil". Louvaine-la-Neuve(Belgium). Ministry of Agriculture. Bruselas.

MONTE	TRA	ESPECIE	EDAD		HACIO	FECHASAC	N ₀	H _M	H ₀	SEÑ	N _{EXT}	V _{EXT}	V _{UNIT}	D _{MED}	e _c	D _{sc}	V _{UNITSC}	
			años	fecha														fecha de
1		GENCIANA	1	Ps		35 7_93	10_93	1077	12,4	13,2	NO	416	53,5	0,128	17,7	3,587	14,113	0,096
2		PEDRAJA	1	Ps		31 6/7_93	7_93	1114	8,9	9,8	NO	484	36,2	0,075	15,5	2,889	12,611	0,058
3		MAYOR Y REBOLLO	1	Ps		35 5_94	8_94	835	7,5	8,7	NO	211	16,6	0,080	16,5	3,034	13,466	0,062
4		MAYOR Y REBOLLO	2	Pn/Ppr		35 3_94	4_94	755	10,3	11,8	NO	237	41,4	0,175	21,3	4,187	17,113	0,133
5		EL RASO	1	Ps		35 11_94	11_94	1193	11,6	13,2	SI	400	52,7	0,132	15,4	2,384	13,016	0,107
6		BARDAL	1	Ps		29 3_95	4_95	2265	9,7	10,8	NO	1300	114,0	0,088	15,1	2,889	12,211	0,067
7		BARDAL	2	Ps		29 5_95	5_95	1504	8,7	9,4	NO	797	66,9	0,084	16,4	2,889	13,511	0,066
8		PEDRAJA	1	Ps		32 11_94	12_94	1552	9,0	9,9	NO	642	57,4	0,085	14,8	2,889	11,911	0,065
9		PEDRAJA	2	Ps		32 5_95	6_95	1207	11,4	12,6	NO	375	47,6	0,127	17,4	2,889	14,511	0,101
10		PEDRAJA	3	Ps		32 5_95	6_95	1264	11,4	11,9	NO	471	48,8	0,104	16,1	2,889	13,211	0,081
11		SOBRADA	2	Ps		46 7_94	7_94	1077	11,6	13,8	NO	540	91,5	0,170	19,9	3,587	16,313	0,133
12		SOBRADA	1	Ps		46 7_94	7_94	1233	13,2	14,5	NO	579	102,6	0,177	19,3	3,587	15,713	0,137
13		FUENTEPILA	1	Pn/algún Ppr		38 8_94	8_94	766	9,3	10,6	NO	293	49,1	0,167	23,2	7,226	15,974	0,102
14		EL RASO	2	Ps		35 9_94	9_94	1395	11,6	12,8	SI	615	64,0	0,145	21,9	2,952	18,948	0,121
15		LANDA	1	Ps		33 7_95	8_95	952	8,7	10,0	NO	370	37,8	0,102	17,9	3,684	14,216	0,076
16		AMILLARRI	1	Ps/algún Pn		40 9_95	11_95	1123	15,8	16,9	SI	527	98,3	0,187	20,2		20,200	0,183
17		LABRUJULA	1	Pn/algún Ps		55 8_95	9_95	1687	14,0	14,5	NO	877	116,1	0,132	17,1		17,100	0,129
18		ESCABROSO	1	Ps		32 9_95	11_95	1784	12,3	14,0	NO	1080	140,6	0,130	16,4	2,889	13,511	0,102
19		LAMIMBRE	1	Ps		38 7_95	9_95	966	9,8	10,4	SI	279	18,4	0,066	13,6	3,034	10,566	0,048
20		SOTO	1	Ps		37 10_95	10_95	1400	10,8	11,4	NO	265	28,6	0,108	16,4	3,034	13,366	0,084

Tabla n°1. Caracterización dasométrica de las claras.

Apeo Y Procesado	Saca	N°
CL	AP	2
CG	AP	8
CG	AL	3
CG	SP	2
MAN	AP	3
MAN	AL	1
MAN	TA	1
TOTAL		20

Tabla n° 2. Medios empleados.

Combinacion De Medios	N	Productividad (M ³ /Hora Productiva)	Coef. De Tiempo Productivo (%)
Cosechadora ligera	2	4,2 (3,0-5,4)	78 (77-79)
Cosechadoras con grúa	13	11,0 (7,6-21,4)	64 (53-98)
Autoc. ligero/medio	2	11,1 (6,3-15,9)	71 (71-71)
Autoc. medio/pesado	10	18,2 (9,3-22,4)	87 (72-93)
Skidder (saca en paquetes)	2	9,9 (9,5-10,3)	94 (94-95)
Tractor agrícola	1	8,0	66
Op. manuales (apeo/proc/apilado)	3	2,3 (1,0-3,5)	58 (37-71)

Tabla n° 3. Productividades y porcentajes de tiempo productivo.