

RENDIMIENTOS Y COSTES DE LOS APROVECHAMIENTOS EN CLARAS SOBRE REPOBLACIONES DE PINO SILVESTRE (*Pinus sylvestris*, L.)

Y.Ambrosio; E.Tolosana; S.Vignote

RESUMEN

A lo largo de nueve años se han controlado de forma directa un total de 36 explotaciones forestales españolas, correspondientes a cortas de claras de masas de repoblación fundamentalmente de pino silvestre, recogiendo datos de tiempos y productividades de los distintos medios utilizados (cosechadoras, motoserrietas, apiladores, skidder, autocargadores, tractores agrícolas adaptados, cables de saca y tiro de sangre) en el seno del Proyecto CICYT “Análisis de las cortas de mejora en masas españolas de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) Organización y rendimientos. Impactos ambientales y efectos sobre la producción”.

Los datos obtenidos permiten el establecimiento de algunos modelos matemáticos de tiempos y productividades de las distintas fases de los aprovechamientos, no obstante, dada la complejidad de estos se han dan también tiempos y costes medios, para ofrecer una visión del conjunto de los rendimientos y costes.

Los datos obtenidos junto con la evaluación de los impactos ambientales que puedan producirse, proporcionan una base para la planificación y organización de los aprovechamientos, permitiendo establecer para cada situación los recursos más idóneos, y con ello los tiempos, los rendimientos y los costes que puede suponer su ejecución.

PALABRAS CLAVE: Aprovechamiento Forestal; Aprovechamiento de claras; Planificación; Organización; Cronometraje; Rendimientos.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento y el coste de ejecución en un aprovechamiento son muy importantes tanto para el gestor como para el empresario que realiza la obra.

El gestor debe evaluar el volumen de madera a extraer del monte, así como el valor de esa madera tras el aprovechamiento para sacar una subasta aproximada a la realidad del mercado, lo que va en beneficio del propietario del monte que percibirá una mayor renta de él, así como al empresario que va a pujar por la madera, pudiendo determinar el beneficio a obtener de esta operación.

En el mundo forestal es muy difícil, como ya es conocido por todos, que el gestor sepa el valor y coste de la ejecución de un aprovechamiento, llegando incluso a creer que no son rentables determinadas explotaciones que sí lo son. Se llega a situaciones tan paradójicas como que las empresas se sienten espiados en ocasiones por los guardas, a través de los cuales llega información al gestor del tiempo empleado en la ejecución del aprovechamiento, haciendo unos cálculos se puede llegar a la conclusión de que las empresas ganan mucho, ajustando mucho los precios al año siguiente para la subasta, lo que desalienta a los empresarios acostumbrados a no apurar mucho, con el razonamiento de que no todas las explotaciones son iguales y por supuesto las condiciones varían muchísimo. Se necesita por tanto un punto de aproximación y entendimiento entre los gestores y los empresarios, pero por supuesto el conocimiento de los rendimientos y costes reales es básico para un flujo adecuado de trabajo y no esas fluctuaciones.

Una vez conocidos los rendimientos se pueden planificar de manera adecuada los aprovechamientos, desde el inicio del procesado manual, el momento en que deben de entrar a trabajar los medios de saca y posteriormente el transporte a fábrica. La planificación, no sólo la debe hacer el empresario que ejecuta el aprovechamiento, sino que también debería hacerla el gestor para evitar parar los aprovechamientos sin estar terminados, por época de incendios, por plagas o por encharcamientos, se deben prever márgenes en todo estas fases del trabajo, debido a que siempre surgen imprevistos que retrasan el trabajo, desde un día de lluvia, una avería, hasta un accidente o el abandono del trabajo por parte de los operarios manuales como los medios de saca

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han estudiado 36 claras, generalmente en masas de pino albar (*Pinus sylvestris*, L.) procedentes de

replantación y situadas en la submeseta norte (Segovia, Palencia, Alava, Logroño, Burgos, Zamora, León, Zaragoza) y en Extremadura (Cáceres)

Las claras estudiadas en la mayor parte de los casos emplean el sistema de madera corta, y sólo en seis estratos se extraen fustes enteros, estos coinciden con la saca de la madera con tracción animal y cable aéreo.

Las claras realizadas fueron selectivas en el conjunto de la masa y sistemáticas en las calles, salvo en el caso de la tracción animal que no existen calles como tal. Los medios empleados en la ejecución de estas claras incluyen tanto medios manuales como mecanizados para el procesamiento de la madera, y en la saca se han empleado mulas, tractores agrícolas, autocargadores, skidders y cables. En la tabla 1 del anexo se reflejan las condiciones de las zonas estudiadas y los medios empleados

La metodología del estudio consta de una primera fase de inventario, en la que se realiza un inventario previo a la intervención se hace un conteo diamétrico de los pies situados en el interior de cinco parcelas de 40x40 m², midiéndose el diámetro y la altura de 80 árboles muestra para la determinación de la relación altura diámetro. Tras el aprovechamiento se vuelve a hacer el conteo diamétrico para poder caracterizar la intervención realizada.

La fase del estudio de tiempo se desarrollaron mediante el cronometraje disgregado y discontinuo empleando un cronómetro que pitaba cada minuto y un estadillo en el que se apuntaba la operación realizada en ese momento, al mismo tiempo se registra continuamente el volumen procesado o transportado, contabilizando el número de pies y el número de pilas. Posteriormente se realiza una cubicación de las pilas para conocer el volumen transportado.

El objetivo de este artículo es proporcionar los rendimientos medios así como los modelos de rendimientos obtenidos para cada tipo de medio empleado.

RESULTADOS

A. Rendimientos

Los rendimientos del procesamiento de la madera dependen de muchas variables, fundamentalmente del volumen unitario medio de los árboles extraídos (V_u), de la pendiente (p), del volumen de madera extraído por unidad de superficie (V_{ext}), de la ramosidad, y fundamentalmente de los medios utilizados y la forma de trabajo de estos. En el caso de la saca ocurre lo mismo y los rendimientos dependen de las distancias de desembosque, el volumen de carga, la pendiente, etc. El rendimiento medio obtenido en el conjunto de estratos estudiados se presenta en la Figura 1.

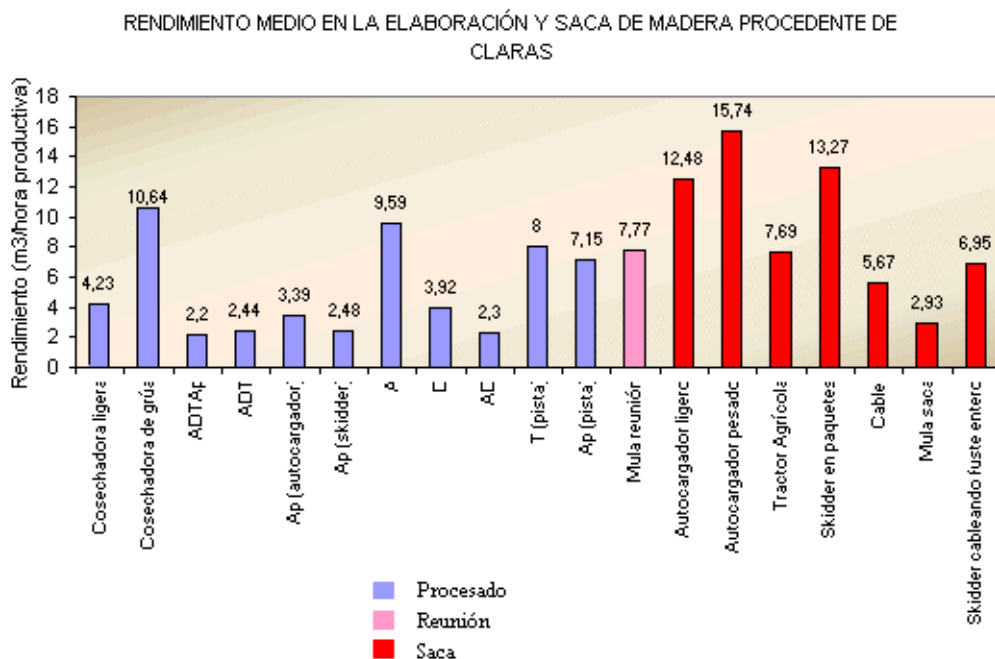


Figura 1: Rendimientos medios del procesado y saca de la madera según los diferentes medios empleados
 Términos empleados: ADTAp – Operarios que apean, desraman, tronzan y apilan; ADT – Operarios que apean, desraman y tronzan; Ap - Apiladores; A – Operarios que sólo apean; D – Operarios que sólo desraman; AD – Operarios que apean y desraman; T – Operarios que tronzan en pista; Ap (pista) – apiladores que apilan en la pista

Se puede comprobar que el rendimiento de la elaboración mecanizada es mucho mayor que el del procesado manual, salvo en el caso de las cosechadoras ligeras (con cabezal en el tractor, deben aproximarse a los árboles a apean) que no tienen unos rendimientos mucho mayores que los de los operarios manuales, aunque se deben considerar otros aspectos positivos de la mecanización como es la seguridad laboral, el ambiente de trabajo, la formación del trabajador que supone un mayor reconocimiento en el trabajo.

Los rendimientos de los motoserristas son menores que los de los apiladores, en el sistema de madera corta, aunque los apiladores que realizan pilas para skidder tienen rendimientos similares a los motoserristas, lo que indica la conveniencia de que un apilador acompañe a un motoserrista, mientras que cuando se realizan pilas para autocargador un apilador puede apilar la madera procesada por dos motoserristas.

En los sistemas de fuste entero se tiene un alto rendimiento para el personal especializado en el apeo, mientras que el rendimiento baja mucho al realizar el desramado de los pies apeados. Se debe tener en cuenta que este sistema se empleó en los montes con mayor pendiente media (48%) lo que también repercute en los rendimientos.

El tronzado y apilado en pista, que fue estudiado en un único caso tiene unos rendimientos muy altos, esto se debe a que trabajan en una zona llana, sin residuos, con los pies colocados al borde de la pista y de forma continua, el único problema surge de que al estar estos apoyados en el suelo, la motosierra roza frecuentemente este lo que supone una mayor cantidad de tiempo de mantenimiento.

Los mayores rendimientos en la saca, en los estratos estudiados fueron los obtenidos por los autocargadores pesados, esto se debe a la gran cantidad de peso que transportan por ciclo, unos buenos resultados los han obtenido los skidder en paquetes.

Los modelos de rendimiento obtenidos son los que aparecen reflejado en la tabla 1.

Tabla 1: Modelos de rendimiento

MEDIO DE ELABORACIÓN	MODELO DE RENDIMIENTO (m ³ /hora productiva)
Cosechadora de grúa	$160,23 \cdot V^{0,972} / (p+3,3)^{0,30477}$
Motoserristas en fuste entero	$919 / (0,477137 Vext + 3,35983 D + 11,6665 Dist)$
Motoserristas madera corta	$851 / (-392,763 + 8,8298 D + 7,213 Dist + 56,3813 Nt + 8,72801 p)$
Apilado skidder	$571 / 2,8 (-22,1512 + 3,21952 Distv + ,902419 D + 0,303442 Vext)$
Apilador autocargador	$445 / 1,5 (-10,9111 + 2,29331 D + 4,50552 Distc)$
Mula reunión	$2724 / (59,9618 + 8,62097 Distrocha + 6,30515 Disvstrocha + 45,5185 Nf)$
Mula saca	$3384 / (-599,92 + 2,35483 Distrocha + 139,383 Nf + 20,452 p)$
Cable	$2648 / (155,606 Nf + 2,95079 Distsaca + 7,43255 Distlateral)$
Autocargador pesado	$1 / (0,04067 + 1,533E-05(p+11,5) + 2,0376E-03 Distdesemb^{0,424})$
Autocargador ligero-medio	$1 / (0,04461 + 1,796E-05 p(p+11,5) + 2,3866E-03 Distdesemb^{0,424})$
Skidder	$11662 / 369,934 + 0,919344 * Distvcalle + 11,5485 p - 2404,75 * V$

Variables: V – Volumen unitario (m³cc), p –pendiente (%), Vext – Volumen extraído (m³/ha), D – diámetro (cm), Dist – Distancia recorrida (m), Nt – número de trozas, Distv – Distancia recorrida en vacío (m), Distc – Distancia recorrida con la carga (m), Distrocha – Distancia cargado por trocha (m), Disvstrocha – Distancia vacío por trocha (m), Distsaca – Distancia de saca (m); Distlateral – Distancia lateral (m); Distdesemb – Distancia de desemboque (m)

B.- Costes

Los costes de los recursos, tanto humanos como materiales, oscilan según su capacidad, zona geográfica forma de retribución, entre otras cosas, no obstante, al objeto de dar la visión general que se pretende, se

establecen en la tabla nº6 siguiente.

Tabla nº 6: Precios de los recursos utilizados

MEDIO EMPLEADO	Coste horario Tiempo trabajo	Tiempo productivo/ Tiempo de actividad	Coste horario Tiempo productivo
Motoserrista madera corta	1800	0,85	2118
Fuste entero	1800	0,76	2368
Apilador Autocargador	1.600	0,89	1798
Skidder	1.600	0,82	1951
Cosechadora ligera	6.000	0,81	7407
Cosechadora con grúa	11.500	0,74	15541
Autocargador ligero	7.300	0,80	9125
Pesado	7.300	0,89	8202
Tractor agrícola	4.500	0,81	5556
Skidder	5.500	0,74	7432
Cables	4.650	0,78	5962
Tiro de sangre	1.400	0,63	2222
Mula reunión	1.400	0,52	2692
Skidder cableando fuste entero	5.500	0,82	6707
Skidder traslada fustes sacados por el cable	5.500	0,82	6707

Por tanto los costes de las operaciones han sido las siguientes:

Procesado	Saca	Coste total por m3
Cosechadora ligera	Autocargador pesado	2.272
Cosechadora con grúa	Autocargador pesado	1.982
	Autocargador ligero	2.192
Cosechadora con grúa	Skidder*	2.021
Manual MC	Autocargador ligero	1.625
Manual MC	Tractor agrícola	1.616
Manual MC	Skidder	1.454
Manual FE	Cable saca, skidder manipula en la pista	2.655
Manual FE	Mula	1.695
Manual FE	Mula reunión, Skidder saca	1.950

BIBLIOGRAFÍA

Ambrosio, Y. et al. (1998). "Estudio de las claras mediante el empleo de cable en el monte Villar de Yedro (La Rioja)". Informe para la administración (no publicado).

Esteban (1999). "Estudio de tiempos, rendimientos y costes de una clara en el paraje de "El Patín" del monte "San Lorenzo, Castillo y Garganta" nº45 del C.U.P. en La Rioja." Proyecto fin de carrera de la E.U.I.T. Forestales. U.P.M.

Fernández Gallego, M.J. (1997). "Rendimientos de los aprovechamientos de clara en masas de repoblación de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) en el monte público del Ayuntamiento de Arcones (Segovia)". Proyecto fin de carrera de la E.T.S.I. Montes. U.P.M.

García Díez, M.A. (1997). "Impacto ambiental y cálculo de tiempos, costes y rendimientos de claras mecanizadas y semimecanizadas en los montes: "Escabroso" nº 430 del C.U.P. y "La Brujula", de la provincia de Burgos; y el monte "Amillarri", de la provincia de Alava". Proyecto fin de carrera de la E.U.I.T. Forestales. U.P.M.

Jaio, J. (1998). "Estudio de rendimientos de las claras manuales en el monte "El patín" (M.U.P. Nº45). La Rioja. Repercusiones de la distancia entre calles". Proyecto fin de carrera de la E.U.I.T. Agrarios de Palencia. Universidad de Valladolid.

López Gómez, C.V. (1999). "Estudio de tiempos, rendimientos y efectos ambientales del apeo, elaboración y saca con tracción animal en una clara del M.U.P. Nº130 "Las Cuestas, Valcárcel, los

Aidos y otros" en el Término municipal de Soto en Cameros (La Rioja)". Proyecto fin de carrera de la E.U.I.T. Forestales. U.P.M.

Malpartida, J. (1998). "*Estudio de impactos ambientales en cortas de mejora en masas de pino silvestre (Pinus sylvestris, L.): Experiencias en la Sierra de la Culebra en el Término de Otero de Bodas (Zamora)*". Proyecto fin de carrera de la E.U.T.S.I. Montes. U.P.M

Marchena Isla, J.M. (1996). "*Estudio de rendimientos e impactos ambientales de los aprovechamientos forestales manuales en dos montes de la provincia de Palencia)*". Proyecto fin de carrera de la E.U.I.T. Agrarios de Palencia. Universidad de Valladolid

Martín García, F. (1999). "*Estudio de tiempos, rendimientos y efectos ambientales del apeo, elaboración, reunión con caballos y saca con skidder en una clara del M.U.P. nº54 "Desde Fuente del Cerro a la Cruz de la Demanda" en el Término Municipal de Canales de la Sierra (La Rioja)*". E.U.I.T. Forestales. U.P.M.

Ramos Sánchez, E. (1997). "*Estudio de tiempos, rendimientos, costes y efectos ambientales de las claras con cable aéreo en el monte "Villar de Yedro" nº 49 del C.U.P. de la Comunidad Autónoma de La Rioja*". Proyecto fin de carrera de la E.U.I.T. Forestales. U.P.M.

Rodríguez Rubio, E. (1998). "*Estudio del impacto ambiental y cálculo de tiempos, costes y rendimientos en el monte nº 49 del C.U.P. de la provincia de La Rioja (Término municipal Villar de Yedro)*". E.U.I.T. Forestales. U.P.M.

Tolosana, E. (1999). "*El aprovechamiento forestal mecanizado de las cortas de mejora de pinus sylvestris, L. Modelos de tiempos, rendimientos y costes y estudio de sus efectos ambientales*". Tesis doctoral. ETSI Montes. Universidad Politécnica de Madrid

Tabla I: Características de las zonas de estudio

	MONTE	PROVINCIA	N₀ pies/ha	N_{EXT} pies/ha	Nres pies/ha	V_{EXT} m ³ /ha	V_{UNIT2} m ³ cc	Vsc m ³ sc	AB %	P %	Cmov	TIPO APROVECHAMIENTO
1	GENCIANA	BURGOS	1077	416	661	54	0,1260	0,0962	28	5	1,26	MEC (MINIC_AUT)
2	PEDRAJA I	BURGOS	1114	484	630	36	0,0700	0,0579	32	10	2,28	MEC (MINIC_AUT)
3	MAYOR Y REBOLLO I	PALENCIA	835	211	624	17	0,0803	0,0612	24	2	1,35	MEC (C_AUT)
4	MAYOR Y REBOLLO II	PALENCIA	755	237	518	41	0,1550	0,1215	27	2	1,22	MEC (C_AUT)
5	EL RASO I	SEGOVIA	1193	400	793	53	0,0940	0,1070	18	0	1,37	MEC (C_AUT)
6	BARDAL I	BURGOS	2265	1300	965	114	0,0870	0,0674	50	5	1,52	MEC (C_AUT)
7	BARDAL II	BURGOS	1504	797	707	67	0,0850	0,0659	48	0	1,48	MEC (C_AUT)
8	PEDRAJA II	BURGOS	1552	642	910	57	0,0840	0,0647	35	3	1,23	MEC (C_AUT)
9	PEDRAJA III	BURGOS	1207	375	832	48	0,1260	0,1012	28	16	1,54	MEC (C_SK)
10	PEDRAJA IV	BURGOS	1264	471	793	49	0,1020	0,0812	32	10	1,23	MEC (C_SK)
11	SOBRADA I	BURGOS	1077	540	537	92	0,1670	0,1325	37	38	2,42	MEC (C_AUT)
12	SOBRADA II	BURGOS	1233	579	654	103	0,1680	0,1368	36	10	1,38	MEC (C_AUT)
13	FUENTEPILA	PALENCIA	766	293	473	49	0,1930	0,1022	35	2	1,09	MEC (C_AUT)
14	EL RASO II	SEGOVIA	1395	615	780	64	0,1430	0,1170	35	5	1,46	MEC (C_AUT)
15	LABRUJULA	BURGOS	1687	877	810	116	0,1140	0,1047	39	8	1,17	MEC (C_AUT)
16	LANDA	VITORIA	951,56	370,3	581	39,7	0,1071	0,0810	30	39,6	2,56	MAN (AUT)
17	AMILLARRI	VITORIA	1123,4	514,6	609	118,1	0,2295	0,1872	33	21,2	1,19	MAN (AUT)
18	ESCABROSO	BURGOS	1784,3	1080	704	127,2	0,1178	0,0876	56	4,5	1,93	MAN (AUT)
19	LAMIMBRE	PALENCIA	965,63	290,6	675	31,3	0,1076	0,0858	31	22	1,96	MAN (AUT)
20	SOTO	PALENCIA	1839,6	681,3	1158	73,9	0,1085	0,0859	30	1	1,06	MAN (TRA)

Tabla I (continuación): Características de las zonas de estudio

MOTOSIERRA
MOTOSIERRA

	MONTE	PROVINCIA	N₀ pies/ha	N_{EXT} pies/ha	Nres pies/ha	V_{EXT} m ³ /ha	V_{UNIT2} m ³ cc	Vsc m ³ sc	AB %	PTE %	CMOV	TIPO APROVECHAMIENTO
21	VALVANERA I	LOGROÑO	1173,8	784,7	389	160,2	0,2041	0,1668	61	61	2,50	MAN (CA)
22	VALVANERA II	LOGROÑO	1266	641	625	119,9	0,1871	0,1582	42	57	2,50	MAN (CA)
23	ARCONES	SEGOVIA	1458,8	430,6	1028	41,4	0,0960	0,0810	23	44	1,59	MAN (SK)
24	PATIN I	LOGROÑO	1354,7	585,9	769	95,2	0,1624	0,1343	35	41	1,73	MAN (AUT+SK)
25	PATIN II	LOGROÑO	1425	679,7	745	120,4	0,1771	0,1473	41	39	1,78	MAN (AUT+SK)
26	PATIN III	LOGROÑO	1207,8	468,8	739	80,5	0,1718	0,1428	32	39	1,82	MAN (AUT+SK)
27	PATIN IV	LOGROÑO	1548,4	762,5	786	111,2	0,1458	0,1173	41	49	2,47	MAN (SK)
28	OTERO	ZAMORA	1505	638,1	867	63,6	0,0996	0,0831	32	20	1,10	MAN (TRA)
29	ACEBO I	LEON	1273,8	813,3	460	145,5	0,1789	0,1527	57	25	1,42	MAN (TRA)
30	ACEBO II	LEON	1158,8	630,6	528	148,2	0,2350	0,1982	50	41	2,08	MAN (TRA)
31	SOTO EN CAMEROS	LOGROÑO	1555	395,6	1159	33,0	0,0835	0,0691	18	47	2,98	MAN (CABAL)
32	CANALES DE LA SIERRA	LOGROÑO	1031,3	390,9	640	76,1	0,1946	0,1558	25	40	1,95	MAN (CABAL+SKI)
33	MONCAYO I	ZARAGOZA	1341,3	614,7	727	128,5	0,2090	0,1755	37	35	1,68	MAN (MUL)
34	MONCAYO II	ZARAGOZA	1118,4	524,7	594	84,1	0,1603	0,1286	37	48	2,30	MAN (MUL)
35	GRIMALDO I	CACERES	1135	649,1	486	81,6	0,1257	0,0811	47	31,6	1,94	MAN (SK)
36	GRIMALDO II	CACERES	960,94	501,6	459	74,3	0,1482	0,0962	42	40	3,88	MAN (SK)

N₀ (pies/ha) – Densidad de pies antes de la clara; **N_{EXT}** (pies/ha) – Densidad de pies extraído; **Nres** (pies/ha) – Densidad de pies después de la clara; **V_{EXT}** (m³cc/ha) – Volumen extraído; **V_{UNIT2}** (m³cc) – Volumen unitario con corteza del pie extraído; **Vsc** (m³sc) – Volumen unitario sin corteza del pie extraído; **AB** (%) – Porcentaje de área basimétrica extraída; **P** (%) –

Pendiente; **Cmov** – Coeficiente de movilidad

MEC – Aprovechamiento mecanizado; MAN – Aprovechamiento semimecanizado o manual; MINIC – Minicosechadora; C – Cosechadora; AUT – Autocargador; SKI – Skidder; TRA – Tractor Agrícola; CA – Cable aéreo; MU – Mula; CABAL - Caballo