

Rendimientos de trabajo y costes de maquinaria para reforestación

El coste de realización de la repoblación forestal varía en función del método utilizado

La repoblación forestal es una actividad que desgraciadamente se ha tenido que realizar muy a menudo en algunas zonas de este país. En este artículo se analiza el coste que tiene esta operación considerando diversas hipótesis de trabajo.

J. Arnó; E. Correal; J. Masip.
Departamento de Ingeniería Agroforestal.
Universidad de Lleida



Sobre estas líneas una zona de la comarca del Bages (Barcelona), donde se realizaron las pruebas.

A raíz del incendio ocurrido en Cataluña el año 1998, la Diputación de Barcelona, a través de la Oficina Técnica de Prevención Municipal de Incendios Forestales, vió la necesidad de iniciar una política decidida de repoblación del territorio afectado (más de 27.000 ha, entre campos de cultivo y bosque).

Con todo, y antes de poner en marcha una línea específica de ayudas para la regeneración de los bosques afectados, se consideró conveniente realizar un estudio previo de viabilidad técnica y económica, en el cual se mostrasen cuáles son los costes reales y los métodos más adecuados de repoblación forestal.

Es aquí cuando el Departamento de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Lleida,

mediante un acuerdo de colaboración, realiza un estudio de rendimientos y costes de maquinaria para la reforestación de dichas zonas incendiadas. Concretamente, se han evaluado diferentes procedimientos, manuales y mecanizados, de eliminación de restos del incendio, de preparación del suelo y de implantación vegetal.

Métodos de repoblación evaluados

Aunque existen excelentes manuales de referencia sobre repoblaciones forestales, la información relativa a rendimientos de aperos

y máquinas es vaga y poco precisa. Por esta razón, y en base a ensayos de cronometraje parcial, se han planteado diversas pruebas de campo con las que ha sido relativamente sencillo cuantificar el rendimiento de distintos procedimientos operativos (manuales y mecanizados) y establecer el coste efectivo (pts./ha) que supone la adopción de diferentes estrategias de repoblación.

Los procedimientos evaluados se muestran en la **Tabla 1**. En su elección se ha tenido especialmente en cuenta la disponibilidad en Cataluña de los equipos necesarios.

Pruebas de campo y cálculo de costes

Las pruebas de campo se llevaron a cabo en distintos municipios de la comarca del Bages (Barcelona). Conocidas las unidades de control (u.c.) realizadas en una determinada prueba (**Tabla 1**) y el tiempo total invertido en su ejecución (h), pueden ya calcularse el rendimiento del equipo (u.c./h) y el rendimiento unitario (u.c./h*operario). Dependiendo de la densidad adoptada (u.c./ha), se llega a establecer finalmente la capacidad efectiva

TABLA 1. MÉTODOS DE REPOBLACIÓN EVALUADOS

Procedimiento	Unidad de control	Máquina / Apero / Mano de obra	Precios horarios
Trituración de restos vegetales	ha	Tractor de cadenas + Desbrozadora de martillos Motosierra	6.500 pts./h 2.000 pts./h
Subsolado lineal	metro lineal	Ripper	7.500 pts./h
Ahoyado	hoyo	Retroexcavadora Ripper según línea máxima pendiente Barrena helicoidal + barrena romboidal	7.500 pts./h 7.500 pts./h 2.500+2.500 pts./h
Plantación manual	plántula	Operario plantador	1.600 pts./h
Siembra manual sobre subsolado	metro lineal	Operario sembrador	1.600 pts./h

de trabajo (ha/h, ha/h*operario) y los tiempos operativos correspondientes (h/ha, h*operario/ha).

Los costes efectivos de repoblación (pts./ha) se obtienen aplicando las siguientes expresiones de cálculo:

- (1) $CTV = C \cdot I$
- (2) $CPS = \frac{C \cdot D}{R} = C \cdot D$
- (3) $CIV = CMO + CMV = C \cdot D + C \cdot D \quad (D = D_0)$
- (4) $CIV = CMO + CMV = C \cdot U + C \cdot D$

siendo,

CTV: Coste del Tratamiento de la Vegetación preexistente, pts./ha

CH: Coste horario del equipo, ptas/h (Tabla 1)

TO: tiempo operativo del equipo, h/ha

CPS: Coste de la Preparación del Suelo, pts./ha

D: densidad, u.c./ha

R: rendimiento del equipo, u.c./h

CUC: Coste de la unidad de control, pts./u.c.

CIVP: Coste de la Implantación Vegetal en caso de plantación, pts./ha

CMO: Coste imputable a la Mano de Obra, pts./ha

CMV: Coste del Material Vegetal de repoblación, pts./ha

CMV: coste unitario del material vegetal (42 pts./plántula de Pinus nigra i Pinus pinaster; 21.000 pts./kg de semilla de Pinus nigra).

DP: densidad de plantación, plántulas/ha

CIVS: Coste de la Implantación Vegetal en caso de siembra, pts./ha

DS: densidad de siembra, kg/ha

Finalmente, el coste total efectivo de repoblación (Cha. pts./ha) se obtiene, según sea plantación o siembra, mediante la expresión general (5):

$$(5) \quad Cha = CTV + CPS + CIV \quad ; \quad Cha = CTV + CPS + CIV$$



Realización de subsolado previo a la plantación.

TABLA 2. TIEMPOS OPERATIVOS DE REPOBLACIÓN (H.OPERARIO/HA)

II. PREPARACIÓN DEL SUELO		Subsolado lineal					Ahoyado		
		cada 2 m (2 brazos)	cada 3 m (1 brazo)	cada 4 m (1 brazo)	cada 5 m (1 brazo)	cada 7 m (1 brazo)	Ripper	Retro	Barrena
III. IMPLANTACIÓN VEGETAL	Siembra (kg/ha)	0,5	1.100	800	400	200	475	400	650
	Plantación (plántulas/ha)		600			(400)		(400)	
I. TRATAMIENTO DE LA VEGETACIÓN PREEXISTENTE	Sin Tratamiento	4,34	28,67	22,22	11,91	7,28	23,96	17,61	28,99
	Trituración según curvas de nivel	12,51	36,84	30,39	20,08	15,45	(20,18)	25,78	(17,84)
				24,92					(26,01)

TABLA 3. COSTES EFECTIVOS DE REPOBLACIÓN (PTS./HA)

II. PREPARACIÓN DEL SUELO		Subsolado lineal					Ahoyado		
		cada 2 m (2 brazos)	cada 3 m (1 brazo)	cada 4 m (1 brazo)	cada 5 m (1 brazo)	cada 7 m (1 brazo)	Ripper	Retro	Barrena
III. IMPLANTACIÓN VEGETAL	Siembra (kg/ha)	0,5	1.100	800	400	200	475	400	650
	Plantación (plántulas/ha)		600			(400)		(400)	
I. TRATAMIENTO DE LA VEGETACIÓN PREEXISTENTE	Sin Tratamiento	30.200	110.029	91.568	50.944	35.834	76.746	81.960	87.867
	Trituración según curvas de nivel	74.665	154.494	136.033	95.409	80.299	(64.628)	126.425	(54.072)
				113.541					(98.537)

Resultados

Dado que en los proyectos de repoblación se hacen necesarias tanto la cuantificación del coste (pts./ha), como la propia planificación de los trabajos de repoblación (h.operario/ha), se presentan los tiempos operativos acumulados (Tabla 2) y los costes efectivos

(Tabla 3) de los diferentes métodos de repoblación evaluados.

Con objeto de facilitar la utilización de estos datos, se han elaborado las tablas en formato de triple entrada, según las tres fases en que puede llevarse a cabo una repoblación (I.Tratamiento de la vegetación preexistente, II.Preparación del suelo y III.Implantación vegetal).

Por ejemplo (Tabla 2), la realización de una plantación manual (600 plántulas/ha) sobre un subsolado lineal a 4 m, requiere un total de 16,75 horas de operario por hectárea. Sin embargo, el tiempo operativo aumenta hasta las 24,92 horas, si se realiza previamente la trituración de la vegetación preexistente.

Si se analizan ahora los costes (Tabla 3), la misma estrategia repobladora anterior supone un coste efectivo de 69.076 pts./ha (sin tratamiento previo de la vegetación) y de 113.541 pts./ha (con trituración previa de los restos del incendio).

Comparativamente (Tabla 3), la siembra manual sobre subsolado es el método de reforestación más económico (30.200 pts./ha). Con todo, la plantación manual (200 plántulas/ha) sobre subsolado lineal a 7 m, sólo aumenta el coste hasta las 35.834 pts./ha. Por otro lado, la elección del procedimiento de preparación del suelo condiciona



Ejemplo de plantación manual.

especialmente el coste final del método; para una plantación de 400 pies/ha, el subsolado lineal a 5 m y el ahoyado con barrena son preferibles frente a los ahoyados con ripper o con retroexcavadora (gráfico 1).

Gráfico 1. Coste efectivo de repoblación para una densidad de 400 pies/ha

Conclusiones

1. Independientemente de que se realice o no la eliminación (trituration) de los restos del incendio, los procedimientos que optimi-



Ahoyado con barrena.

zan los tiempos operativos (h.operario/ha) son la siembra manual sobre subsolado lineal y la plantación manual sobre ripados realizados a 5 m y 7 m.

2. Las plantaciones manuales realizadas sobre ahoyados mecanizados (ripper, retroexcavadora y barrenas) y sobre subsolados más densos (a 3 y 4 m), aumentan los tiempos operativos necesarios.

3. Aunque la siembra presenta un coste claramente ventajoso (30.000 pts./ha), la realización de subsolados lineales a 5 y 7 m y su plantación manual posterior (400 y 200

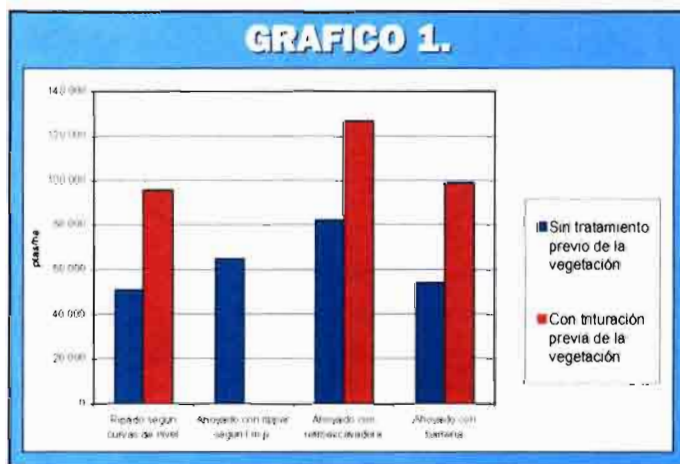
pies/ha) sólo aumentan el coste hasta 50.000 y 36.000 pts./ha, respectivamente.

4. Los ahoyados mecanizados presentan unos costes superiores a los que se consiguen con procesos de subsolado lineal. De hecho, los costes efectivos oscilan, para densidades de 400 pies/ha, entre las 54.000 pts./ha (ahoyado con barrena) y las 82.000 pts./ha (ahoyado con retroexcavadora).

5. Cuando la trituración previa de los restos del incendio es ineludible, se produce un aumento significativo del coste operativo, aproximadamente unas 45.000 pts./ha.

6. Son preferibles los equipos de cadenas que los de rueda neumática, dada su mayor estabilidad y menor sensibilidad a las agresiones del terreno. Además, es absolutamente necesario su manejo por operarios expertos y de alta cualificación.

7. Si nos referimos a equipos portátiles, las barrenas se han mostrado muy sensibles a la pedregosidad y se averían fácilmente. Con todo, son una alternativa viable cuando no pueden utilizarse otros sistemas mecanizados de mayor rendimiento. ■



Equipo de cadenas realizando trituración previa a la plantación.