



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-539

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

DESBROCE Y COSECHA DE MATORRAL CON FINES ENERGÉTICOS

BLASCO FERNÁNDEZ, I.¹, VELASCO CASTRO, H.¹, CARRASCOSA DE MIGUEL, T. ², CALERO GIL, R.¹ y CARRASCOSA MARTÍN, A.¹

¹ Empresa de Transformación Agraria, S.A (Tragsa)

² Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural (Universidad Politécnica de Madrid)

Resumen

Dentro de un proyecto de I+D+i del grupo Tragsa, en el marco del proyecto LIFE+ ENERBIOSCRUB “Gestión Sostenible de Formaciones Arbustivas para Uso Energético”, se han realizando ensayos de desbroce y cosecha de matorral mediante métodos basados en dos mecanizaciones novedosas: la Biobaler WB-55, que movida y accionada por un tractor agrícola realiza el desbroce y enfardado simultaneo de matorral; y la Retrabío, prototipo desarrollado por CIS-Madeira que materializa trabajos de desbroce, astillado y concentración de material en un lugar de acopio. La cosecha se ha llevado a cabo en cinco provincias sobre formaciones vegetales arbustivas diferentes, con distintas alturas y densidades. La vegetación principal en Ávila es la retama, en Zamora una mezcla de retama y brezo, en León brezo, en A Coruña tojo, y en Soria estepa. Durante el desarrollo de los trabajos de campo se han recogido datos para estimar costes, rendimientos, productividades, etc. asociados a los factores circunstanciales de cada lugar. Con los resultados de este proyecto será posible discriminar el sistema de desbroce y cosecha que sería más lógico practicar con vistas a idealizar el binomio coste - calidad de los trabajos.

Palabras clave

Astillado, Biobaler, cosecha de matorral, desbroce, enfardado, Retrabío

1. Introducción

Según el Banco de Datos de la Naturaleza (BDN), España cuenta con una extensión de matorral de 11 millones de hectáreas; dicho área constituye el 44% de la superficie forestal nacional. Se define el matorral como una “comunidad de plantas leñosas en la que la parte aérea no se diferencia en tronco y follaje, ya que éste último se extiende por lo común hasta la base, y que puede adoptar la forma de un monte bajo o incluso presentar un aspecto achaparrado”. (RUIZ DE LA TORRE, 1981). “La importancia de los matorrales se debe, no solo a su amplia ocupación en el territorio español, sino también a la repercusión que posee como potencial de producción de recursos y servicios que contribuyen al desarrollo sustentable que la sociedad demanda con creciente intensidad” (SAN MIGUEL *et al.*, 2004). Es apto para ser empleado como fuente de energía y reducir así la actual demanda de combustibles fósiles (KLEPAC & RUMMER, 2009). Además, el desbroce de matorral para su posterior uso como biocombustible sólido, contribuye a la eliminación del exceso de

44 biomasa, a la reducción del riesgo de incendios y al rejuvenecimiento de la vegetación natural
45 (ROBERT *et al.*, 2014).

46
47 El proyecto LIFE+ENERBIOSCRUB “Gestión Sostenible de Formaciones Arbustivas para Uso
48 Energético” tiene como objetivo el contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero mediante
49 la demostración e implementación de tecnologías innovadoras que ayuden a la gestión de las masas
50 forestales de matorral. Dentro del mismo, se ha procedido a la extracción del material arbustivo del
51 monte mediante el uso de dos equipos novedosos. Ambos desbrozan matorral pero lo cosechan de
52 manera distinta, uno en formato fardo (Biobaler) y el otro en formato astilla (Retrabío).

53
54 El enfardado ha sido una tecnología empleada en el ámbito agrícola durante años, mientras
55 que su aplicación en el entorno forestal es más reciente (KLEPAC & RUMMER, 2009). El equipo
56 empleado para el desbroce y enfardado de matorral (Biobaler) puede trabajar en zonas de maleza,
57 bosque, sotobosque o plantaciones y preferentemente sobre vegetación leñosa (SAVOIE *et al.*, 2013).
58 Pero su utilización se ve limitada en condiciones de excesiva humedad o cuando aparecen árboles de
59 diámetro superior a 10 cm (ROBERT *et al.*, 2014).

60
61 El equipo utilizado para el desbroce y astillado de matorral (Retrabío) es un prototipo del
62 Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia (CIS-Madeira). Este equipo fue
63 desarrollado en Galicia con vistas al desbroce principalmente del tojo, que constituye una de las
64 formaciones de matorral más extendidas por los montes gallegos. No se posee información previa
65 sobre sus capacidades, no obstante, su diseño y características parecen inicialmente adecuadas para
66 las necesidades de los ensayos.

67
68 Con estos dos equipos se han efectuado ensayos en cinco provincias españolas distintas,
69 sobre formaciones vegetales diferentes, con alturas y densidades variables dentro de cada una de
70 ellas.

71 72 **2. Objetivos**

73
74 El propósito de los ensayos es llegar a conocer las capacidades y limitaciones de dos equipos
75 que desbrozan matorral y lo cosechan de forma distinta (fardos o astillas). Para establecer una
76 comparativa, estos equipos se han utilizado en distintas localizaciones y sobre diferentes tipos de
77 matorral principal. Durante los ensayos se ha recogido un conjunto de datos para estimar la carga de
78 matorral y las productividades de cada máquina asociadas a los factores circunstanciales de cada
79 lugar. Toda la información recopilada servirá para seleccionar el sistema de desbroce y cosecha más
80 adecuado en función de las características del lugar y de su tipo de vegetación principal.

81 82 **3. Metodología**

83
84 Los dos equipos de ensayo tienen como objetivo la cosecha de matorral, pero cada uno en un
85 formato distinto: fardo y astilla. La recogida de los datos para ambas máquinas se ha ejecutado de
86 modo similar, pero con las adaptaciones necesarias para cada zona y equipo.

87 88 **Descripción de los equipos utilizados**

89

90 El sistema de trabajo desbrozador-enfardador (Figura 1) se compone de un tractor agrícola (de
 91 al menos 200 CV) que mueve y acciona un equipo que consta de una unidad desbrozadora y de una
 92 unidad enfardadora, conocido como Biobaler WB-55 del fabricante canadiense *Anderson Group*. A
 93 medida que avanza sobre el terreno cubierto de vegetación, la unidad desbrozadora va cortando el
 94 matorral con sus 48 cuchillas o martillos fijos que giran en sentido contrario al avance. De este modo
 95 impulsa el material cortado hasta un compartimento cilíndrico ubicado en la unidad enfardadora. Este
 96 compartimento cuenta con una serie de rodillos dispuestos paralelamente al eje principal y tangentes
 97 entre sí que giran continuamente apelmazando el material desbrozado. Cuando alcanza el nivel de
 98 compactación necesario se acciona el mecanismo de “atado” del fardo. Una vez que el fardo está
 99 atado, el maquinista abre la compuerta de la unidad enfardadora para que el fardo sea expulsado.
 100 Los fardos resultantes son cilíndricos, de aproximadamente 1,2 metros de diámetro y ancho.
 101



102 *Figura 1. Equipo desbrozador-enfardador. A la izquierda el equipo formado por la Biobaler y un tractor agrícola. A la derecha*
 103 *detalle de la unidad desbrozadora.*

104 El sistema de trabajo desbrozador-astillador (Figura 2) es un prototipo desarrollado por CIS-
 105 Madeira denominado Retrabío. Es un equipo forestal pensado para la obtención de biomasa, con un
 106 chasis de 4 bogies de 2 ruedas, una desbrozadora en la parte anterior y una tolva en la parte
 107 posterior. La desbrozadora consta de un rotor con 36 martillos libres que giran en sentido contrario al
 108 avance. Apea y astilla el matorral, impulsándolo a través de una pletina hasta una chimenea que lo
 109 dirige hasta la tolva ubicada en la parte posterior. La tolva tiene, aproximadamente, una capacidad de
 110 24 m³ y permite la descarga a 3 metros de altura.
 111

112 Una diferencia notable entre las dos formas de cosecha es el acopio del material. Con Biobaler
 113 los fardos quedan dispersos en la zona de trabajo, por lo que posteriormente hay que proceder a su
 114 acopio. Con Retrabío, el matorral astillado se acopia directamente en el momento de la descarga.
 115 Además, tiene la opción de descargar directamente sobre un contenedor.
 116

117 **Cálculo de la biomasa cosechada**

118
 119 Para conocer la cantidad de biomasa verde cosechada, se ha llevado a cabo un control
 120 constante de los trabajos realizados. Una muestra de los fardos recién cosechados, ha sido pesada
 121 para obtener una estimación del peso total cosechado. En unas ocasiones, se han pesado los fardos
 122 con ayuda de un tractor y de un dinamómetro y, en otras ocasiones, se ha pesado la máquina cargada

123 y descargada en una báscula. Con el peso medio por fardo y el número de fardos obtenidos, se ha
 124 estimado la biomasa verde cosechada.
 125



126 *Figura 2. Equipo desbrozador-astillador. A la izquierda se encuentra desbrozando y a la derecha descargando la astilla en la*
 127 *zona de acopio.*

128 En el caso de la astilla, además de pesar la máquina cargada y descargada cuando se ha tenido
 129 ocasión, en todos los ensayos se ha calculado la densidad aparente de la astilla. El proceso seguido
 130 ha consistido en recoger una muestra suficientemente representativa astilla recién desbrozada en un
 131 recipiente de volumen conocido y pesarlo. Con la densidad aparente media, el volumen medio de
 132 llenado de la tolva y el número de descargas realizadas, se ha estimado la biomasa verde cosechada.
 133

134 Cálculo de mermas

135
 136 Para cuantificar la biomasa perdida en el proceso de desbroce y cosecha, se ha realizado un
 137 muestreo sistemático de aproximación aleatoria mediante el establecimiento de parcelas cuadradas
 138 de 0,5 x 0,5 metros (Figura 3). En dichas parcelas se ha recogido la biomasa perdida y se ha pesado
 139 separándola en dos fracciones: a) mermas tipo I o material no digerido y b) mermas tipo II o
 140 insuficiencia de desbroce. El primer tipo de mermas hace referencia al material que, tras ser
 141 desbrozado, cae al suelo sin llegar a ser cosechado. El segundo tipo de mermas se refiere al matorral
 142 que, tras el paso de la desbrozadora, permanece arraigado al suelo y tiene un tamaño superior a la
 143 altura de desbroce, por lo que debería haber sido cortado.
 144



145 *Figura 3. Ejemplo de parcela de mermas. De izquierda a derecha la parcela antes de recoger las mermas, las mermas*
 146 *recogidas preparadas para pesar y la parcela sin mermas.*

147 **Control de la carga de biomasa**

148

149 La estimación de la carga inicial de biomasa cosechable en pie, en términos de toneladas por
 150 hectárea, se ha establecido en base a la suma de la biomasa realmente cosechada y las mermas
 151 originadas en el proceso de cosecha. Para conocer la superficie realmente desbrozada, se ha
 152 realizado el perimetraje mediante un receptor GPS de precisión inferior a un metro.

153

154 **Control de la humedad**

155

156 Para posibilitar comparaciones teóricas de las variadas situaciones de humedad de cada uno
 157 de los ensayos, se han tomado muestras de matorral recién cosechado y de los dos tipos de mermas,
 158 con el objetivo de medir su humedad. De este modo, se pueden normalizar los resultados mediante
 159 su traducción equivalente en estado anhidro. A partir de ahora, para referirse a peso anhidro se
 160 empleará el término *atro*.

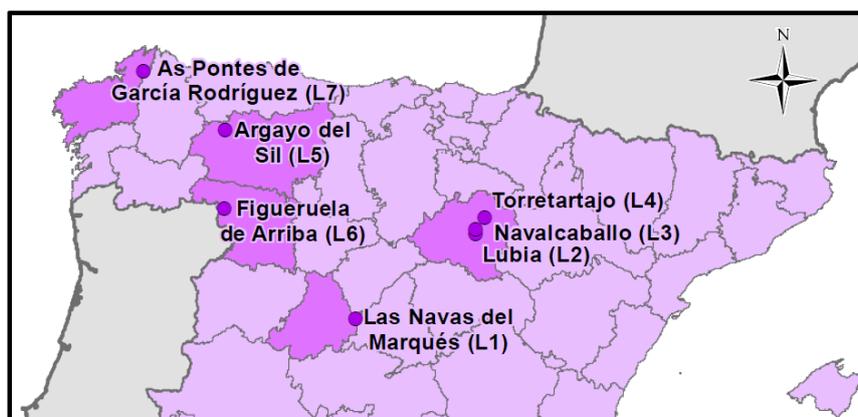
161

162 **Zonas de Ensayo**

163

164 Las zonas de ensayo se han distribuido por distintos municipios de Castilla León y Galicia (Figura
 165 4), con diferentes especies de matorral como vegetación principal a cosechar.

166



167

Figura 4. Ubicación de las zonas de ensayo.

168 Los primeros ensayos se llevaron a cabo con Biobaler en la provincia de Ávila, en el término
 169 municipal de Las Navas del Marqués (L1), entre diciembre de 2014 y enero de 2015. Se cosechó
 170 matorral de *Genista cinerascens* Lange y *Cytisus scoparius* (L.) Link en terrenos de cultivo
 171 abandonados que, en la actualidad, se utilizan como coto de caza o zona de pasto para ganado
 172 bovino. El mayor inconveniente de la zona es la abundancia de afloramientos rocosos.

173

174 En la provincia de Soria se ensayó con Biobaler entre noviembre de 2015 y marzo de 2016 en
 175 tres zonas que en el pasado fueron terrenos de cultivo y cuya especie principal es el *Cistus laurifolius*
 176 L. La primera zona está ubicada en la entidad local menor de Lúbia (L2), dentro de las instalaciones
 177 del CEDER-CIEMAT, donde las estepas son viejas y reviejas y están distribuidas en fajas. La segunda
 178 zona se encuentra en la entidad local menor de Navalcaballo (L3), en un terreno llano, con escasa

179 pedregosidad flotante y buenos accesos. La tercera zona es la Finca Torretartajo (L4) perteneciente al
180 término municipal de Aldehuela de Periañez.

181
182 En la provincia de León se ensaya en la entidad local menor de Argayo del Sil (L5), con Retrabío
183 en mayo de 2015 y con Biobaler en abril de 2016, con el fin de comparar ambas máquinas. La
184 especie principal cosechada en ambos ensayos es la *Erica australis* L. El mayor inconveniente
185 detectado en esta zona es la presencia de afloramientos rocosos.

186
187 En la provincia de Zamora se ensaya en el término municipal de Figueruela de Arriba (L6), con
188 Retrabío en abril de 2015 y con Biobaler en abril de 2016. La vegetación arbustiva predominante
189 está compuesta de *Erica australis* L. y *Genista florida* L. Es una zona de cultivo abandonada, llana, sin
190 piedras y actualmente utilizada para la caza.

191
192 En la provincia de A Coruña se ensaya con Retrabío entre junio y agosto de 2015 dentro de una
193 escombrera revegetada propiedad de ENDESA ubicada en el término municipal de As Pontes de
194 García Rodríguez (L7) sobre *Ulex europaeus* L. y puntualmente sobre *Erica tetralix* L. y *Cytisus striatus*
195 (Hill) Rothm.

196 197 4. Resultados

198
199 A continuación, se exponen los resultados más significativos obtenidos tras los ensayos.

200 201 Producción en forma de fardos

202
203 En total, se han obtenido 1.241 fardos de matorral (Tabla 1). Los fardos más pesados se
204 obtuvieron en L1, donde se cosechó retama con un promedio de 322,7 kilos (atro) por fardo. Los más
205 ligeros se obtuvieron con la cosecha de brezo en L6 con un peso medio de 238,6 kilos (atro).
206 Respecto a la productividad, también en L1 se obtuvo mayor cantidad de material por hora efectiva
207 de trabajo, de media 1,56 toneladas (atro). La zona que se cosechó más rápido fue en L3, donde se
208 desbrozó cerca de media hectárea a la hora efectiva.

209 *Tabla 1. Superficie desbrozada y producción de los ensayos con Biobaler*

| Zonas | Superficie Desbrozada (ha) | Nº Fardos | Peso Promedio por Fardo (kg _{atro}) | Tiempo Efectivo de Desbroce (h) | Productividad | |
|----------|----------------------------------|--------------|---|---------------------------------------|----------------------|------|
| | | | | | t _{atro} /h | ha/h |
| L1 | 10,80 | 285 | 322,7 | 58,9 | 1,56 | 0,18 |
| L2 | 37,35 | 380 | 273,6 | 86,1 | 1,21 | 0,43 |
| L3 | 19,34 | 189 | 279,0 | 39,5 | 1,33 | 0,49 |
| L4 | 27,15 | 334 | 256,4 | 66,8 | 1,28 | 0,41 |
| L6 | 6,69 | 53 | 238,6 | 20,8 | 0,61 | 0,32 |
| Total | 101,33 | 1.241 | | 272,1 | | |
| Promedio | | | 274,1 | | 1,20 | 0,37 |

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

En L1, los trabajos se vieron afectados por la rocosidad del terreno produciendo la continua rotura de cuchillas tras su choque con las piedras. En total se sustituyeron 82 cuchillas, de media una cada hora y 24 minutos de desbroce. Esta circunstancia motivó la parada prematura de los ensayos. En L2 y L3, además de no haber excesiva rocosidad, se contaba con martillos para sustituir a las cuchillas en caso necesario, por lo que prácticamente se eliminó el mayor de los problemas encontrado en L1. Sin embargo, sobrevinieron diversas averías, sobretodo en el compartimento enfardador, que provocaron la paralización de los ensayos en numerosas ocasiones. Otro problema localizado en L2, y debido a la época en la que se realizaron los ensayos, fue el encharcamiento del suelo, que causó en varias ocasiones el atrancamiento de la máquina en el barro. En L4 los trabajos se desarrollaron con mayor normalidad, con algunas paradas por causas climatológicas (lluvia y nieve) y con alguna avería de menor gravedad que las comentadas anteriormente. No se han tenido en cuenta los ensayos con Biobaler realizados en L5, puesto que el equipo apenas pudo trabajar debido a la baja talla del brezo, a la elevada humedad ambiental y a los abundantes afloramientos rocosos. Debido a estas circunstancias, se rompieron la mayor parte de las cuchillas, el material embozaba en la entrada de la enfardadora y el que entraba, se fragmentaba en pequeños trozos que caían al suelo al colarse entre los rodillos de la enfardadora. Se trabajó durante 5 horas en las que se realizaron dos fardos y medio. Los ensayos en L6 tampoco se efectuaron en adecuadas condiciones, pues los días anteriores había llovido abundantemente y la maquina se quedó atrancada en diversas ocasiones. Para evitar los atascos en el barro, se optó por trabajar exclusivamente en las zonas de brezo. De media, en todas las localizaciones ensayadas, únicamente la mitad del tiempo en el tajo, ha sido tiempo efectivo de desbroce y cosecha de matorral.

Producción en forma de astilla

Con Retrabío se han realizado un total de 174 descargas (Tabla 2). El peso medio más elevado por descarga de astilla fue de 3,56 toneladas (atro) y se obtuvo con la mezcla de brezo y retama cosechada en L6. Las productividades obtenidas no varían demasiado entre las tres zonas, siendo las más elevadas las obtenidas en L7, donde de media cada hora se acercó a 4 toneladas (atro) de tojo astillado y acopiado. La zona en la que la Retrabío cosechó más rápido fue en L5, posiblemente consecuencia del pequeño tamaño del brezo que permitía una mayor velocidad de trabajo.

Tabla 2. Superficie desbrozada y producción de los ensayos con Retrabío

| Zonas | Superficie Desbrozada (ha) | Nº Descargas | Peso Promedio por Descarga (t_{atro}) | Tiempo Efectivo de Desbroce (h) | Productividad | |
|----------|----------------------------|--------------|---|---------------------------------|---------------|------|
| | | | | | t_{atro}/h | ha/h |
| L5 | 3,1 | 13 | 2,67 | 11,5 | 3,03 | 0,27 |
| L6 | 7,4 | 34 | 3,56 | 35,0 | 3,46 | 0,21 |
| L7 | 14,3 | 127 | 2,30 | 73,2 | 3,99 | 0,20 |
| Total | 24,8 | 174 | | 119,7 | | |
| Promedio | | | 2,84 | | 3,49 | 0,23 |

243

244

245 Durante el desarrollo de los ensayos, hubo incidencias relacionadas especialmente con el

246 hecho de estar trabajando con un prototipo y que llevaba tiempo parado. Las principales

247 complicaciones se debieron a los embozamientos de la chimenea, al calentamiento excesivo del

248 aceite, a la rotura de correas y a la pérdida de piezas como bulones, tuercas y tornillos de sujeción.

249 Según fueron avanzando los ensayos, los problemas disminuyeron al estar el equipo cada vez en

250 mejores condiciones de trabajo. De media, únicamente la mitad del tiempo en el tajo ha sido tiempo

251

252

253 Mermas de Biobaler

254

255 De la carga cosechable disponible por Biobaler, la cantidad de material que se ha quedado en

256 el suelo en forma de mermas ha sido elevada. Porcentualmente, L1 es la zona en la que más

257 cantidad de material se ha conseguido cosechar, un 33% (Tabla 3). Ésta también es la zona de

258 ensayo con mayor carga, por lo que el 67% de mermas suponen que de media en cada hectárea

259 desbrozada quedan en el suelo 17,7 toneladas (atro) de material potencialmente cosechable. Se

260 cosechan 8,5 toneladas (atro), valor que también es el más elevado de todos los ensayos con este

261 equipo. Las mayores mermas en toneladas (atro) por hectárea son las obtenidas con la estepa vieja

262 de L2 (10,9 t_{atro}/ha) y porcentualmente son las del brezo de L6 (85%).

263

Tabla 3. Carga de Matorral en las zonas cosechadas con Biobaler

| Zonas | Biomasa Cosechada | | Mermas | | Carga Inicial Cosechable |
|-------|-------------------|----|---------------|----|--------------------------|
| | t_{atro}/ha | % | t_{atro}/ha | % | t_{atro}/ha |
| L1 | 8,5 | 33 | 17,7 | 67 | 26,2 |
| L2 | 2,8 | 20 | 10,9 | 80 | 13,6 |
| L3 | 2,7 | 25 | 8,2 | 75 | 11,0 |
| L4 | 3,2 | 28 | 7,9 | 72 | 11,1 |
| L6 | 1,9 | 15 | 10,8 | 85 | 12,6 |

264

265

266 Mermas de Retrabío

267

268 A excepción de los ensayos de L5, la cantidad de mermas obtenidas con Retrabío también son

269 elevadas, aunque en menor medida que con Biobaler. Las mayores mermas se dan en L7, donde se

270 cosecha el 70% del matorral inicial disponible (Tabla 4). En esta misma localización, se obtiene la

271 mayor cantidad de material por hectárea, concretamente 22,4 toneladas (atro).

272

273 Señalar que, aunque con ambas máquinas se trabajó en L6, la carga inicial potencialmente

274 disponible es distinta en ambos casos. La principal diferencia está motivada porque los ensayos con

275 Biobaler se realizaron tras varios días de intensas lluvias que dieron lugar al atrancamiento de la

276 máquina en el barro en las zonas de mejor suelo, donde crece la retama. Finalmente se optó por

277 cosechar únicamente brezo, por estar el suelo menos encharcado. Con Retrabío se cosechó tanto

277 brezo como retama, siendo esta última de talla elevada, llegando a medir más de tres metros de
 278 altura (Figura 5). Con Biobaler, únicamente se cosechó brezo de talla media en torno al metro y medio
 279 de altura. Por ello, en el primer caso se obtiene una carga inicial de 21,9 t_{atro}/ha y en el segundo caso
 280 una carga de 12,6 t_{atro}/ha.

281 *Tabla 4. Carga de Matorral en las zonas cosechadas con Retrabío*

| Zonas | Biomasa Cosechada | | Mermas | | Carga Inicial Cosechable |
|-------|-----------------------|----|-----------------------|----|--------------------------|
| | t _{atro} /ha | % | t _{atro} /ha | % | t _{atro} /ha |
| L5 | 11,2 | 92 | 0,9 | 8 | 12,1 |
| L6 | 16,3 | 75 | 5,6 | 25 | 21,9 |
| L7 | 22,4 | 70 | 12,1 | 30 | 34,5 |

282
283



284 *Figura 5. Diferencia de matorral cosechado en L6 (Figueruela de Arriba). A la izquierda Retrabío cosechando matorral de*
 285 *más de 3 metros de altura. A la derecha Biobaler cosechando brezo de 1,5 metros de altura.*

286 Costes

287

288 Apenas existe diferencia en el coste de la hora efectiva de desbroce y cosecha entre ambos
 289 equipos. En el coste de los trabajos influirá más si el objetivo de los mismos es la obtención de
 290 biomasa o el desbroce de la zona. La producción de biomasa es mayor en el caso de Retrabío
 291 mientras que Biobaler trabaja más rápido (desbroza más hectáreas a la hora) pero cosecha, en el
 292 mejor de los casos, la mitad. Otro factor a tener en cuenta en el cálculo del coste de los trabajos, es
 293 que los fardos obtenidos mediante Biobaler necesitan ser acopiados, lo que supone un coste que no
 294 existe en el caso de la Retrabío.

295

296 5. Discusión

297

298 Las producciones con Biobaler han sido bastante homogéneas a excepción de la cosecha de
 299 brezo en L6. En la cabina enfardadora, el matorral cortado se curva para adoptar la forma
 300 redondeada del fardo. Pero el brezo es más duro y menos flexible que las otras especies cosechadas
 301 y al entrar en compartimento enfardador, en vez de curvarse, se va rompiendo en pequeños trozos

302 que caen al suelo al colarse entre los rodillos. Sin tener en cuenta los resultados en brezo, la
303 producción media a la hora de materia está en torno a 1,3 toneladas (atro). Este dato es algo superior
304 a los resultados de cosecha de matorral con Biobaler en zonas de cultivo abandonas en Canadá,
305 donde de media se obtiene una producción 1,16 t_{atro}/h con unas mermas medias del 69,2% (ROBERT
306 *et al.*, 2014). En la cosecha sobre el sotobosque de plantaciones de *Pinus taeda* L. en Georgia
307 (EEUU), las mermas medias fueron del 66,2% (KLEPAC & RUMMER, 2010). En ambos casos las
308 pérdidas son elevadas, pero inferiores al 75% de mermas obtenidas de media entre las cinco
309 localizaciones ensayadas. Aunque se considera positivo que algo de matorral quede en el suelo para
310 aportar nutrientes, perder entre un 67% y un 85% del material disponible está por encima de lo
311 esperado.

312
313 El tiempo dedicado a las reparaciones de Biobaler ha sido importante, sobre todo teniendo en
314 cuenta que se trata de una máquina comercial al inicio de su vida útil. De media se ha tenido el
315 mismo tiempo de averías que de trabajo efectivo. KLEPAC & RUMMER (2009) indican los retrasos
316 motivados por tornillos segados o por problemas con las cuchillas de la desbrozadora. En los cinco
317 ensayos realizados se han seguido encontrando este tipo de averías además de otras ya
318 mencionadas anteriormente.

319
320 La producción con Retrabío ha sido mayor, de media 3,5 toneladas (atro) a la hora con hasta
321 casi 4 toneladas (atro) en L7. Estas producciones son interesantes e incluso rentables desde el punto
322 de vista comercial y dependiendo de la distancia a transportar la biomasa para su valorización. Este
323 equipo aprovecha más el material disponible, aunque podría mejorarse, ya que en L7 se llega a
324 perder una media de un 30 % del material disponible.

325
326 En los ensayos con Retrabío también los tiempos empleados en reparaciones superaron el 50%
327 en L5 y L6 (62% y 56 % respectivamente). Hay que tener en cuenta que es un prototipo, que cuando
328 se empezó a ensayar con él apenas se había utilizado y presentaba ciertas anomalías mecánicas y
329 funcionales. Según fueron sucediéndose los ensayos, los tiempos efectivos de trabajo fueron
330 aumentando a la vez que se solucionaban algunos problemas del equipo y se le daba un mayor y
331 mejor mantenimiento. En los últimos ensayos en L7 los tiempos dedicados a las reparaciones bajaron
332 del 50%.

333 334 6. Conclusiones

335
336 Si se compara la mínima producción de Retrabío (3,03 t_{atro}/h anhidras en L5) con la máxima
337 producción de Biobaler (1,56 t_{atro}/h anhidras en L1), la producción con Retrabío es, en el peor de los
338 casos, el doble de la producción con Biobaler. Esto, unido al mejor aprovechamiento de la biomasa
339 cosechable disponible (menor cantidad de mermas y mejor acabado) y a un coste similar del equipo
340 de trabajo, hace que la Retrabío sea, en principio, más recomendable. En cambio, si lo que se busca
341 es velocidad de cosecha, la Retrabío se mantiene entre 0,2 y 0,3 hectáreas desbrozadas a la hora,
342 mientras que la Biobaler puede llegar a desbrozar 1 hectárea en dos horas, aunque con un peor
343 acabado del desbroce.

344
345 Aunque en el mejor de los casos Biobaler tiene porcentualmente más del doble de mermas que
346 Retrabío, ambos equipos necesitan reducir las mermas producidas durante la cosecha. En el caso de
347 Retrabío, gran parte de estas pérdidas se evitarían con el rediseño de la chimenea. Para Biobaler,

348 habría que modificar el compartimento enfardador para conseguir que todo del material fino que
349 entra no se caiga entre los rodillos al suelo.

350
351 Otra tarea pendiente en ambos equipos, es la reducción de las incidencias de carácter
352 mecánico, muy elevadas en las dos máquinas. Con una media del 50 % de tiempo de trabajo
353 dedicado a averías, ninguna de las dos formas de trabajo podrá ser viable debido a los elevados
354 tiempos en los que no se produce a lo largo de la jornada.

355 356 7. Agradecimientos

357
358 Son muchas las personas y entidades que han colaborado y ayudado en la consecución de los
359 ensayos. Hacer una mención especial de: Manuel Álvarez Fernández, Presidente de la Junta Vecinal
360 de Argayo del Sil, por toda la ayuda prestada de manera incondicional durante los ensayos realizados
361 en los montes de su localidad; Santiago Caballero Martiáñez, Agente Medioambiental y Jefe de zona
362 en Figueruela de Arriba, por estar pendiente de la evolución de los trabajos y por su ayuda en la
363 selección de las mejores terrenos de ensayo; y Manuel Dopico Rodríguez (Demaux), por poner a
364 disposición de Tragsa la Retrabío y realizar los mantenimientos y las mejoras necesarias a lo largo del
365 desarrollo de los ensayos.

366
367 Los trabajos descritos forman parte de un proyecto de I+D+i del Grupo Tragsa englobado
368 dentro del proyecto en consorcio ENERBIOSCRUB (LIFE13 ENV/ES/000660), financiado por el
369 Programa europeo LIFE+.

370 371 8. Bibliografía

372
373 Banco de Datos de la Naturaleza (BDN) MAPAMA
374 [http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-](http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/memoria_mapa_series_veg_descargas.aspx)
375 [naturaleza/informacion-disponible/memoria_mapa_series_veg_descargas.aspx](http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/memoria_mapa_series_veg_descargas.aspx). Acceso 10
376 de enero de 2017.

377
378 Klepac, J.; Rummer, R.; 2009. Evaluation of the WB55 Bio-baler for Baling Woody Biomass in
379 a Forest Application. Proceedings of the SAF 2009 National Convention, Orlando, FL Society
380 of American Foresters, 1-13.

381
382 Klepac, J.; Rummer, R.; 2010. Harvesting Understory Biomass with a Baler. *33rd Annual*
383 *Meeting of the Council on Forest Engineering: Fueling the Future*, 1-11.

384
385 Robert, F.-S.; Savoie, P.; Pepin, S.; Hébert, P.-L.; 2014. Site Characteristics and Harvestable
386 Biomass with a Biobaler on Abandoned Farmland. *Montreal, Quebec Canada July 13–July 16,*
387 *2014. American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 1-14.

388
389 Ruiz de la Torre, J.; 1981. Vegetación Natural y matorrales de España. En: Tratado del Medio
390 Natural, tomo II. UPM-CEOTMA-INIA-ICONA. 9-47. Madrid.

391

- 392 San Miguel, A.; Roig, S.; Cañellas, I. 2004. Fruticicultura. Gestión de arbustados y
393 matorrales. En: Montero, G.; Serrada, R. (eds.): Compendio de Selvicultura Aplicada en
394 España. 4-5. DGCONA. Madrid.
395
- 396 Savoie, P.; Hébert, P.-L.; Robert, F.-S.; Sidders, D.; 2013. Harvest of short-rotation woody
397 crops in plantations with a biobaler. *Energy and Power Engineering*, 5(02), 39-47.