MANUALES DE APROVECHAMIENTOS FORESTALES Nº 2



Biomasa Forestal en Andalucía

2 Procesos de extracción y costes

BIOMASA FORESTAL EN ANDALUCÍA. 2. PROCESOS DE EXTRACCIÓN Y COSTES

EDITA:
Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía

CONSEJERO DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE
Luis Planas Puchades

VICECONSEJERO DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE
Juan Antonio Cortecero Montijano

SECRETARIO GENERAL DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA
Sergio Moreno Monrové

DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN DEL MEDIO NATURAL
Francisco Javier Madrid Rojo

Este estudio se ha realizado con la financiación del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente a través del Fondo para el Aprovechamiento de la Biomasa Forestal Residual (Subconcepto 755.02) del Fondo del Patrimonio Natural de los Presupuestos Generales del Estado.

Coordinación:
José Ramón Guzmán Álvarez [1], Ricardo Montero Herranz[2], José Ignacio Morales Mesa[2].

Autores:
Valentín Badillo Valle[3], Germán Bartol Canedo[4], Rafael Castro Serrano[2], Marcial Caballero Gómez[2], Emma Fuentenebro Arnillas[2], Jaime González Seco[1], José Ramón Guzmán Álvarez[1], Antonio Jerez Fernández[2], José López Quintanilla[5], Ricardo Martín de Almagro y Giménez de los Galanes[6], Ricardo Montero Herranz[2], José Ignacio Morales Mesa[2], Valentín Ortiz Teruel[5], Marcial E. Prieto Gea[2], Luis Ángel Ranchal Bustos[2], David Rojas Carmona[2], María Romero Cubero[2], Francisco Salas Trujillo[1], Aranzazu Sancho Rivera[2], Antonio Tortosa Lagares[2], Ana Warleta González[7].

[1] Dirección General de Gestión del Medio Natural. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente
[2] Agencia de Medio Ambiente y Agua
[3] Parque Natural Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente
[4] Delegación Territorial de Jaén. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente
[5] Delegación Territorial de Málaga. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente
[6] Delegación Territorial de Córdoba. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente
[7] Delegación Territorial de Huelva. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente

Fotografías y Figuras:
Agencia de Medio Ambiente y Agua, Geoiberia.

Maquetación y diseño:
Geoiberia

Impresión:
EGONDI, Artes Gráficas

I.S.B.N.:
978-84-92807-66-6

Depósito Legal:
SE 3965-2012

Para la edición de este libro se han aplicado criterios para la gestión sostenible de publicaciones, en desarrollo por el proyecto Ecoedición de la Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, financiado por el Programa LIFE+ de la Unión Europea.

ecoedición

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE

LIFE08 ENV/E/000124

Imprenta certificada en ISO 9001 e ISO 14001.
Papel interior con certificación forestal FSC.
Papel de cubierta con certificado forestal FSC.
Los equipos informáticos utilizados en el departamento de preimpresión cuentan con la certificación energética Energy Star.
Se ha elaborado una versión electrónica del libro en formato pdf, disponible en la página web de la Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

ISO 14001 BUREAU VERITAS Certification
ISO 9001 BUREAU VERITAS Certification
FSC MIXTO FSC CO23490

Si ya no lo necesitas, practica Bookcrossing con el libro, pásalo. Gracias.

RECICLABLE
Deposítame en un contenedor azul. Gracias.

Presentación

El aprovechamiento de la biomasa forestal ha cobrado en los últimos años un nuevo protagonismo debido a su empleo como fuente de energía renovable. Al uso histórico como fuente de energía calorífica (biomasa térmica), se le ha añadido en los últimos años su potencial como fuente de energía eléctrica, complementaria con otras renovables como la eólica y solar.

Esto genera oportunidades muy relevantes en el ámbito forestal andaluz, por el volumen de biomasa existente en nuestros montes, y especialmente en los pinares de repoblación, que bajo criterios de gestión forestal sostenible pueden suponer un importante recurso económico y de generación de empleo en el medio rural.

Indudablemente, la vegetación forestal no puede ser considerada solamente como biomasa, si no que este aprovechamiento cobra sentido dentro del paradigma de la multifuncionalidad de nuestros montes, que son espacios de naturaleza y de biodiversidad, que cumplen funciones protectoras, y que también nos regalan servicios ambientales, nos permiten el uso recreativo y de los cuales obtenemos rentas procedentes de la comercialización de productos como la madera, el corcho, el piñón, las setas o la caza.

La extracción de biomasa constituye, por consiguiente, una alternativa más a tener en cuenta que, además, debe ser el resultado de aplicar modelos de gestión que hagan posible la perduración de estas formaciones forestales, o su evolución a otras con diferentes especies dominantes.

La gestión de la biomasa requiere la actualización del conocimiento. La técnica de la selvicultura está sometida a los avances tecnológicos y a los cambios socioeconómicos que garanticen la eficacia en los procesos, pues de esta manera permiten la necesaria eficiencia económica. Pero no se trata del único factor. La mejor técnica para mejorar la rentabilidad del aprovechamiento debe conseguir, al mismo tiempo, la conservación del medio natural y sus otras prestaciones.

Esta publicación es el fruto de un proyecto demostrativo de técnicas de extracción de biomasa forestal bajo diferentes condiciones de partida, y aplicando distintos procedimientos y maquinarias.

Con ello, pretendemos mejorar las herramientas técnicas de las que dispone el sector forestal para efectuar un aprovechamiento razonable de la biomasa forestal, que haga posible desarrollar todo su potencial de generación de renta y de empleo de una manera sostenible en el tiempo, y por supuesto compatible con todo lo que suponen estas masas forestales.

Luis Planas Puchades
Consejero de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente

Índice

1 INTRODUCCIÓN 10

2 ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO 13

2.1. Antecedentes 14

2.2. Objeto del proyecto 15

3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 17

4 METODOLOGÍA GENERAL 23

4.1. Diseño de la toma de datos 24

4.1.1. Fase de inventario 24

4.1.2. Fase de señalamiento 24

4.1.3. Fase de control de tiempos 25

4.2. Captura de datos: procedimiento 27

4.2.1. Fase de inventario: valores modulares 27

4.2.2. Fase de control de tiempos 28

4.3. Elaboración de resultados 36

4.3.1. Fase de inventario 36

4.3.2. Fase de señalamiento 36

4.3.3. Fase de control de tiempos 36

4.4. Presentación de resultados: tipos y formatos 38

4.4.1. Fase de inventario 38

4.4.2. Fase de señalamiento 39

4.4.3. Fase de control de tiempos 39

5 OBTENCIÓN DE RESULTADOS 43

5.1. Córdoba: Caballeras 44

5.1.1. Localización: Área de actuación 44

5.1.2. Metodología: Procedimientos 46

5.1.3. Resultados 48

5.1.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos 57

5.2. Huelva: Baldíos de Almonaster 58

5.2.1. Localización: Área de actuación 58

5.2.2. Metodología: Procedimientos 62

5.2.3. Resultados 64

5.2.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos 72

5.3. Huelva: Grupo Ordenado de Almonte **74**
5.3.1. Localización: Área de actuación 74
5.3.2. Metodología: Procedimientos 78
5.3.3. Resultados 80
5.3.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos 85

5.4. Huelva: Campo Común de Arriba **86**
5.4.1. Localización: Área de actuación 86
5.4.2. Metodología: Procedimientos 90
5.4.3. Resultados 92
5.4.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos 101

5.5. Jaén: Los Engarbos **102**
5.5.1. Localización: Área de actuación 102
5.5.2. Metodología: Procedimientos 106
5.5.3. Resultados 110
5.5.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos 130

5.6. Jaén: Los Engarbos (fase II) **134**
5.6.1. Localización: Área de actuación 134
5.6.2. Metodología: Procedimientos 138
5.6.3. Resultados 141
5.6.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos 156

5.7. Jaén: Poyo de Santo Domingo **160**
5.7.1. Localización: Área de actuación 160
5.7.2. Metodología: Procedimientos 166
5.7.3. Resultados 170
5.7.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos 188

5.8. Málaga: La Espartosa **192**
5.8.1. Localización: Área de actuación 192
5.8.2. Metodología: Procedimientos 196
5.8.3. Resultados 198
5.8.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos 208

5.9. Málaga: Las Majadas de Ronda y el Berrueco **210**
5.9.1. Localización: Área de actuación 210
5.9.2. Metodología: Procedimientos 214
5.9.3. Resultados 216
5.9.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos 222

Índice

5.10. Málaga: Sierra Blanca y Bermeja **224**
5.10.1. Localización: Área de actuación 224
5.10.2. Metodología: Procedimientos 227
5.10.3. Resultados 229
5.10.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos 239

5.11. Málaga: Las Conejeras y Madroñales **240**
5.11.1. Localización: Área de actuación 240
5.11.2. Metodología: Procedimientos 242
5.11.3. Resultados 244
5.11.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos 249

5.12. Málaga: Barranca Honda y Ballesteros **250**
5.12.1. Localización: Área de actuación 250
5.12.2. Metodología: Procedimientos 254
5.12.3. Resultados 256
5.12.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos 264

6 RESUMEN DE RESULTADOS **267**
6.1. Introducción **268**
6.2. Hacia una selvicultura orientada al aprovechamiento de la biomasa **269**
6.3. Cargaderos **271**
6.4. Apeo **272**
6.5. Desembosque **273**
6.6. Astillado **274**
6.7. Resumen de métodos **277**

ANEXOS **281**
ANEXO 1. DATOS DE INVENTARIO **282**
ANEXO 2. CAPTURA DE DATOS: PROCEDIMIENTO **306**
ANEXO 3. OBTENCIÓN DE VALORES MODULARES **320**
ANEXO 4. FICHAS DE MAQUINARIA **330**
ANEXO 5. RESEÑA FOTOGRÁFICA **392**
ANEXO 6. BIBLIOGRAFÍA **432**



1

Introducción

En términos generales, los actuales sistemas de producción y consumo necesitan grandes cantidades de energía para mantenerse. Pese a los procesos más eficientes y a las campañas de concienciación para el ahorro energético, el consumo continúa manifestando una tendencia general creciente. En el caso concreto de la Unión Europea, se ha puesto en marcha de manera específica una estrategia energética cuya finalidad es importante aumentar progresivamente el grado de autoabastecimiento energético y reducir el consumo de energías fósiles emisoras de gases de efecto invernadero, lo que implica un cambio de modelo energético, con la implantación progresiva de energías obtenidas a partir de fuentes renovables.

Para España, con una dependencia energética exterior aún mayor, resulta todavía más apremiante y estratégico avanzar en este campo, mediante la transición y transformación del modelo energético hacia uno nuevo en el que el papel de las energías renovables sean cada vez más relevante a medio y largo plazo.

Por otra parte, en el contexto de la lucha contra el cambio climático, el uso de las energías renovables constituye una parte fundamental del paquete de medidas necesarias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y para cumplir con el Protocolo de Kioto y otros compromisos internacionales. En su conjunto, cabe establecer que los beneficios de las energías renovables son elevados y estables mientras que los mayores costes de producción tienden a reducirse con el tiempo. Todo lo anterior se traduce en un marco regulatorio específico de apoyo a las energías renovables. Tras una primera etapa de lanzamiento de la tecnología, en la actualidad nos encontramos en la fase de consolidación y desarrollo de las energías renovables.

En lo que respecta a la biomasa como recurso energético, la Agencia Internacional de la Energía señala que aproximadamente el 10% de la energía primaria mundial procede de la biomasa, siendo en países pobres y en desarrollo la materia prima más utilizada para la producción de energía. Por otra parte, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático adelanta que antes de 2100 la cuota de participación de la biomasa en la producción mundial de energía estará entre el 25% y el 46%. Si hablamos de Europa, el 54% de la energía primaria de origen renovable procede de esta fuente, aunque sólo supone el 4% sobre el total energético. En general, en torno al 83% de la energía procedente de la biomasa se destina a usos térmicos y el 17% a la producción de electricidad. Es importante señalar que la biomasa es con gran diferencia la tecnología que genera más empleo directo en la explotación de las plantas.

Tabla 1. Empleos directos generados por energía

ENERGÍA	EMPLEOS DIRECTOS/MW
Biomasa	28,79
Solar-termoeléctrica	3,40
Hidroeléctrica	0,54
Fotovoltaica	2,59
Eólica	0,91

Fuente. Deloitte y Comisión Nacional de la Energía. 2012

También es de destacar que la generación eléctrica con biomasa mejora la balanza comercial (reducción de importaciones de combustible y de la compra de derechos de emisión de CO_2), y que es además la energía renovable que más contribuye a la estabilidad de la red, pues garantiza el suministro, y reduce las pérdidas de la red por transporte, ya que en la mayoría de los casos se ubica muy próxima a los centros de consumo: presenta por tanto un alto grado de lo que se conoce como 'gestionabilidad', que podríamos definir como la posibilidad de generar energía en el momento que se estime necesario, sin dependencia de factores externos como el viento o la insolación.

En España, bajo hipótesis conservadoras, el potencial de biomasa disponible se sitúa en torno a 89 millones de toneladas de biomasa primaria en verde a los que habría que añadir los 12 millones de toneladas de biomasa secundaria seca obtenida de residuos de industrias agroforestales (IDAE).

La biomasa con fines térmicos tiene un gran potencial de desarrollo en edificios e instalaciones industriales, desarrollo que al igual que el uso eléctrico, estará influenciado por el marco regulatorio específico de las energías renovables.

El uso energético de la biomasa forestal plantea una serie de barreras que dificultan su desarrollo y entre las que cabe destacar las siguientes: complejidad y dificultad para la evaluación de la cantidad de material y su introducción en el circuito comercial, competencia con mercados alternativos, dificultades para

la mecanización del aprovechamiento de biomasa forestal y su movilización desde el monte a planta, limitaciones de derivadas del régimen de propiedad y de los modelos de planificación y gestión forestal, así como necesidad de una mayor capacitación profesional e insuficiente conocimiento por la sociedad.

El actual Plan de Energías Renovables (PER 2011-2020), para intentar superar estas barreras, plantea una serie de medidas económicas y legislativas que refuerzan e impulsan el uso energético de la biomasa forestal. Estas medidas van desde la elaboración de un programa nacional de desarrollo agro-energético, la implantación de la regulación y normalización de los combustibles de biomasa, el establecimiento de planes plurianuales de aprovechamientos forestales o agrícolas con uso energético, el fomento de las plantaciones forestales con fines energéticos y la mejora del marco económico para aprovechar tanto restos de operaciones forestales y cultivos agrícolas como la biomasa procedente de masas forestales a implantar o cultivos con fines energéticos. así como la implantación de una prima asociada al kilovatio hora térmicoproducido (Icaren).

En Andalucía el aprovechamiento energético de la biomasa suscita en la actualidad gran interés, retomando un aprovechamiento histórico de nuestros montes, pero en un contexto novedoso. Fruto de ello ha sido, por ejemplo, la publicación de la Orden de 29 de diciembre de 2011, por la que se regula el aprovechamiento de la biomasa forestal con destino energético, en la que se establece la necesidad de llevar a cabo este aprovechamiento bajo criterios de gestión forestal sostenible, lo que supone que los criterios tradicionales de gestión energética basados en lograr la mayor competitividad de costes y seguridad de suministro posible, deben hacerse compatibles con la protección del medio ambiente y, específicamente, con la persistencia de las formaciones forestales.

Siguiendo esta línea, el vigente Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética (PASENER) se plantea entre sus objetivos para 2013 alcanzar 649 Ktep procedentes de biomasa de uso térmico, 256 MW por biomasa de generación eléctrica y 122 MW de biomasa en co-combustión. Esto supondrá la consolidación del sector energético a partir de la biomasa, para lo que resultará imprescindible incrementar la cuantía de generación de energía procedente de la biomasa forestal.

Andalucía cuenta con una extensión muy importante de pinares procedentes de repoblaciones efectuadas sobre todo entre en los años 50 y 70, con una distribución superficial que abarca un buen número de montes públicos. Estos pinares requieren de una gestión específica a través de actuaciones selvícolas que aseguren su sostenibilidad.

Estos tratamientos selvícolas (podas, clareos, cortas fitosanitarias y desbroces), generan biomasa que puede ser objeto de aprovechamiento para fin energético. También se genera biomasa en los aprovechamientos madereros, bien de las cortas finales o de las cortas intermedias, y en las actuaciones de restauración de zonas incendiadas. En este trabajo se exponen los resultados de experiencias demostrativas que se han llevado a cabo en montes de la comunidad autónoma de Andalucía para mejorar el conocimiento de los procedimientos de extracción de esta biomasa y sus costes asociados.





2

Antecedentes y objeto del proyecto

Antecedentes
Objeto del proyecto

2.1. Antecedentes

La mejora de los aprovechamientos forestales ha sido una preocupación continua de la Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Si bien el aprovechamiento de leñas ha formado parte consustancial del uso de los montes andaluces, el desarrollo y consolidación del uso moderno de la biomasa para uso energético ha dado pie a un renovado interés, materializado en un conjunto de actuaciones específicas para su fomento.

Entre estas actuaciones se puede reseñar los ensayos sistematizados encaminados al análisis de métodos, equipos, operaciones y procedimientos de gestión de biomasa forestal, que en 2005 se realizaron de modo demostrativo en la Sierra de Filabres, a través de la Empresa de Gestión Medio Ambiental (en adelante Egmasa) para analizar costes unitarios de distintos procesos y diferentes tipos de maquinaria, fundamentalmente autocargadores y empacadoras.

En 2006, se elaboró el Plan de Aprovechamiento de la Biomasa Forestal, con el objetivo de impulsar el uso energético de esta materia prima. Es también ese año cuando la Consejería de Medio Ambiente, junto con las de Innovación, Ciencia y Empresa, la de Agricultura y Pesca, y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y seis empresas privadas, constituyen la Sociedad Andaluza de la Valorización de la Biomasa, con el objetivo prioritario de impulsar el uso de esta materia como fuente de generación energética en la Comunidad.

Desde ese momento van teniendo lugar sucesivas actuaciones enfocadas a fomentar e impulsar el aprovechamiento de la biomasa forestal, la mejora de la rentabilidad de aprovechamientos lignocelulósicos y, sobre todo, el avance en el conocimiento aplicado de las actividades necesarias para el lanzamiento del sector.

En esta clave de búsqueda y aplicación de modelos de gestión forestal sostenible, basados en la valorización y aprovechamiento de los diferentes productos y subproductos, generados por los trabajos de la selvicultura y el aprovechamiento de los montes, la Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente ha ejecutado un proyecto demostrativo de aprovechamiento de biomasa orientado a mejorar el conocimiento de los procedimientos y equipos, así como los métodos más eficientes para el aprovechamiento real de este recurso, tanto en lo que se refiere a planificación y desarrollo de los trabajos, como en todo lo relacionado con el tipo y características de los equipos a emplear.

En definitiva, se han practicado diferentes esquemas de trabajo, en condiciones reales de aplicación, que permitan adquirir experiencia sobre los factores que influyen o determinan de algún modo la posibilidad de valorización de la biomasa forestal, de modo que se extraigan resultados extrapolables a otras zonas de la Comunidad Andaluza.

Por otra parte, también se consideró importante avanzar en el conocimiento de las mejores metodologías para estimar las cantidades potenciales de biomasa generada como consecuencia de cada tipo de actuación sobre las masas, para poder realizar cuantificaciones fiables de este recurso en función de los parámetros definitorios de la masa que lo genera.

2.2. Objeto del proyecto

El objetivo general de este proyecto ha sido la ampliación del conocimiento en la gestión del aprovechamiento de la biomasa forestal procedente de los montes de Andalucía, para lo que se han desarrollado y puesto en práctica diferentes procedimientos de trabajo para la valorización de los residuos. En la definición de estos procedimientos se partió de la base de desechar, a priori, aquellas metodologías que no resultasen técnicamente viables o económicamente rentables. Aunque en el desarrollo del proyecto ha sido obligatorio adaptarse a las circunstancias específicas, especialmente en lo que se refiere a la disponibilidad de maquinaria.

Como objetivos específicos se establecen la:

- Cuantificación de la biomasa forestal arbórea de los montes estudiados.
- Evaluación de los esquemas de trabajo de árbol completo o fuste más copa.
- Evaluación de distintas alternativas de procesado de la biomasa forestal.
- Estimación de los costes de extracción.





3

Descripción general del proyecto

3.1. Descripción general del proyecto

El proyecto se ha desarrollado en once montes públicos localizados en las provincias de Córdoba, Huelva, Jaén y Málaga. En la elección de los mismos se ha primado que fueran montes de titularidad pública, a ser posible con Proyectos de Ordenación en vigor en los que se hubieran realizado inventarios recientes que sirvieran para determinar el estado forestal de la masa, con actuaciones próximas de corta o con solicitud de señalamiento aprobada o en fase de aprobación y aquellos en los que fuera necesario efectuar tratamientos de clareo o clara según el Plan Especial. Además de tratarse de zonas con un tipo de masa representativa, cuyos diámetros y densidades resultaran adecuados para la medición de distintos parámetros.

En la tabla contigua se enumera la relación de montes en los que se han llevado a cabo las actuaciones integradas en el presente proyecto.

Tabla 2. Posición administrativa y pertenencia de los montes seleccionados por provincia

PROVINCIA	MUNICIPIO	NOMBRE	CODIGO	TITULARES
Córdoba	Espiel	Caballeras	CO-11008-JA	Comunidad Autónoma de Andalucía
Huelva	Almonaster la Real	Baldíos de Almonaster	HU-30001-AY	Ayuntamiento de Almonaster La Real
	Almonte	Grupo Ordenado de Almonte	HU-50003-AY	Ayuntamiento de Almonte
	Cartaya	Campo Común de Arriba	HU-70001-AY	Ayuntamiento de Cartaya
Jaén	Chiclana de Segura	Los Engarbos	JA-11182-JA	Comunidad Autónoma de Andalucía
	Quesada	Poyo de Santo Domingo	JA-11007-JA	Comunidad Autónoma de Andalucía
Málaga	Ronda	La Espartosa	MA-11039-JA	Comunidad Autónoma de Andalucía
	Cortes de la Frontera	Las Majadas de Ronda y el Berrueco	MA-71004-AY	Ayuntamiento de Ronda
	Igualeja	Sierra Blanca y Bermeja	MA-50012-AY	Ayuntamiento de Igualeja
	Parauta	Las Conejeras y Madroñales	MA-10048-JA	Comunidad Autónoma de Andalucía
	Pujerra	Barranca Honda y Ballesteros	MA-10060-JA	Comunidad Autónoma de Andalucía

Fuente. Elaboración propia

Dentro de cada monte se han establecido varias parcelas de trabajo. En la determinación de las mismas se han tenido en cuenta distintos elementos en función de la orientación de los resultados que se deseaban obtener. Se han buscado superficies representativas de la gestión de las masas en cada parte del territorio, definiéndose tanto aquellas en las que la densidad y los volúmenes a extraer eran suficientes como para justificar una actuación de gran intensidad con el empleo de maquinaria específica para la obtención de biomasa, como otras en las que la dinámica de la gestión (protectora) obliga a realizar intervenciones de escasa entidad. Todo ello con el fin de determinar el punto de equilibrio económico en el que puede llegar a ser rentable la obtención de biomasa.

A partir de estos parámetros se han establecido un total de 38 parcelas de trabajo cuyas dimensiones han variado en función de la complejidad de la metodología elegida para la obtención de biomasa. En la tabla siguiente se indican el número de parcelas por monte, superficie total y especie objeto del aprovechamiento.

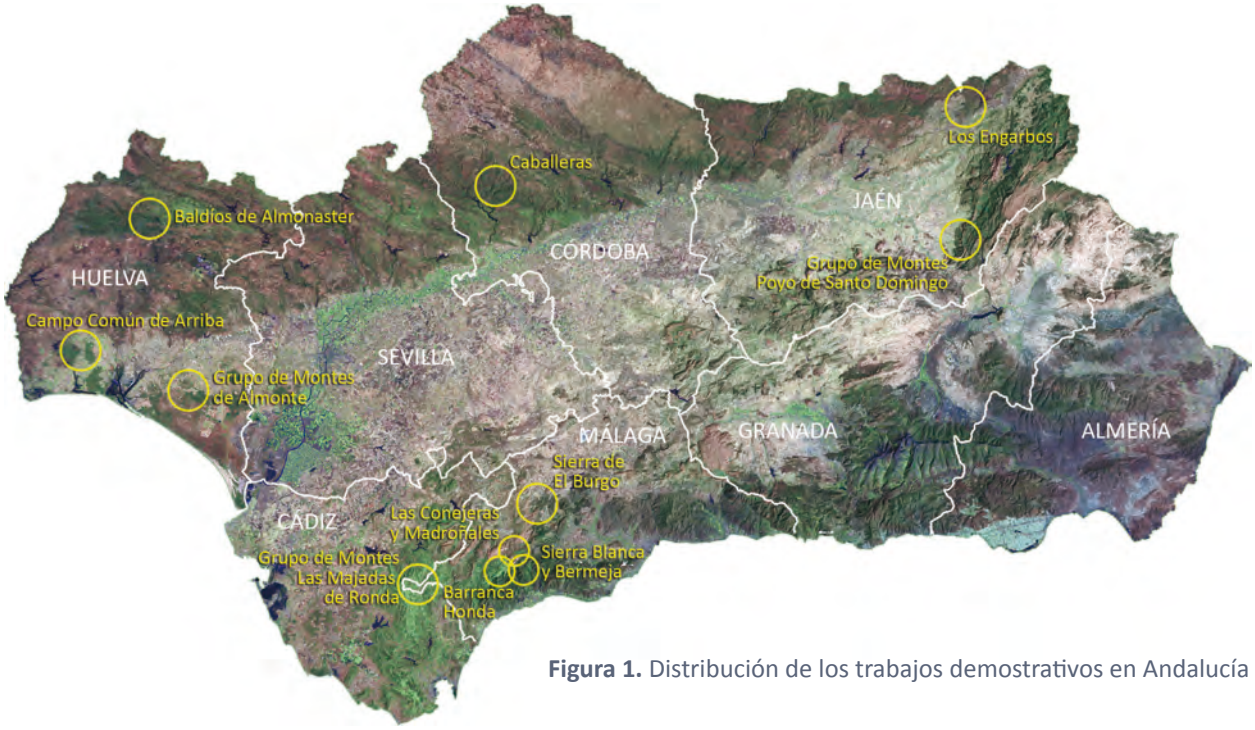


Figura 1. Distribución de los trabajos demostrativos en Andalucía

Tabla 3. Número de parcelas de trabajo, superficie y especie por monte

PROVINCIA	MONTE	Nº PARCELAS	SUPERFICIE TOTAL (ha)	ESPECIE
Córdoba	Caballeras	1	11,0	*Pinus pinaster, Pinus pinea*
Huelva	Baldíos de Almonaster	3	11,9	*Pinus pinea*
	Grupo Ordenado de Almonte	2	17,2	*Pinus pinea*
	Campo Común de Arriba	4	17,0	*Pinus pinea*
Jaén	Los Engarbos	6	30,3	*Pinus pinea*
	Los Engarbos (fase II)	3	11,1	*Pinus pinea, P. pinaster*
	Poyo de Santo Domingo	11	53,2	*Pinus halepensis, P. nigra, P. pinaster*
Málaga	La Espartosa	3	16,3	*Pinus halepensis*
	Las Majadas de Ronda y El Berrueco	2	7,8	*Quercus suber, Pinus radiata*
	Sierra Blanca y Bermeja	1	5,8	*Pinus pinaster*
	Las Conejeras y Madroñales	1	5,0	*Quercus ilex*
	Barranca Honda y Ballesteros	1	3,2	*Pinus radiata*
TOTAL			**189,8**	

Fuente. Elaboración propia

En cada una de las parcelas de trabajo se ha procedido al:

- Replanteo de la zona de actuación.
- Determinación de parámetros fisiográficos (topografía, pedregosidad, existencia de afloramientos rocosos, preparación previa del terreno, etc).
- Análisis de las infraestructuras existentes (caminos de accesos, principales y secundarios, vías de desembosques, distancias de desembosques, áreas cortafuegos, fajas auxiliares, etc.)
- Obtención y análisis de los datos de inventario del Proyecto de Ordenación de la masa existente.
- Estudio teórico de las existencias y posibilidades de biomasa (Biomasa Teórica Potencial).
- Estudio teórico de las existencias y posibilidades de biomasa del tratamiento, según los pies señalados (Biomasa Teórica Disponible).

Además, en cada una de ellas se ha probado uno o varios procedimientos de trabajo en función de las condiciones del terreno y las singularidades territoriales. Para cada método de trabajo se ha analizado lo siguiente:

- Condiciones del terreno que permiten o hacen posible la aplicación del mismo.
- Medios empleados en la ejecución, tanto humanos como materiales, obteniendo rendimientos medios para cada uno de ellos y para cada fase de trabajo.
- Sistemática de actuación, orden y correlación de las distintas operaciones implicadas.
- Estimación de la biomasa obtenida en las distintas metodologías.
- Presupuesto, separando los porcentajes de mano de obra, maquinaría y materiales.
- Problemática particular, técnica, operativa o presupuestaria.

Por otro lado y en determinados montes, se han obtenido también valores modulares para la especie objeto del aprovechamiento.

Analizados y comparados los diferentes métodos y su problemática asociada, se ha conseguido:

- Extraer conclusiones para identificar las condiciones del terreno o de las masas para las que los procedimientos utilizados no cumplen los objetivos perseguidos a un coste razonable.
- Selección de equipos y maquinaria, y en su caso, de las posibles modificaciones necesarias para su adaptación a los trabajos a realizar. Medios empleados en la ejecución, tanto humanos como materiales.
- Obtener horquilla de rendimientos y costes de los diferentes procesos de un aprovechamiento de biomasa.
- Comparación de rendimientos y costes de diferente maquinaria.
- Sistemática de actuación, orden y correlación de las distintas operaciones implicadas para la optimización del aprovechamiento.
- Obtener valores modulares para especies y ubicaciones determinadas.

En los siguientes apartados del presente trabajo se describen tanto la metodología general como las actuaciones concretas realizadas en cada una de las zonas de actuación.





4

Metodología general

Diseño de la toma de datos
Captura de datos: procedimiento
Elaboración de resultados
Presentación de resultados

4.1. Diseño de la toma de datos

Con el fin de conocer las características previas de la masa y de la parcela donde se va a desarrollar cada una de las metodologías, se establece una primera fase de inventario. En segundo lugar, se realiza la fase de señalamiento. Y en último lugar, una fase de control de tiempos con vistas al estudio de la maquinaria empleada y su rendimiento.

4.1.1. Fase de inventario

La finalidad del inventario es la de conocer las existencias iniciales, la distribución de pies por clase diamétrica y la caracterización de las parcelas. De forma general, y para cada monte de estudio, el diseño del inventario ha constado de un muestreo sistemático, con parcelas circulares de 12,5 m de radio (490,87 m^2). En cada parcela se han medido con forcípula todos los árboles incluidos, clasificándolos en clases diamétricas y por especies. Se ha realizado un estudio de los tres pies (árboles tipo) más cercanos al centro de la parcela o más representativos de las clases diamétricas más abundantes, característicos de la masa circundante, donde se ha medido su diámetro normal, basal y a mitad de fuste, altura total y altura de fuste.

Dentro de la fase de inventario también se ha incluido la obtención de valores modulares particularizados para algunas de las localizaciones. Bien es sabido que un paso imprescindible a la hora de considerar el aprovechamiento de cualquier recurso es la cuantificación del mismo. El número de métodos estimativos de biomasa son diversos. Si bien, en este caso, se ha empleado el método regresional o alométrico, utilizado para poblaciones heterogéneas, consistente en apear árboles pertenecientes a diferentes clases diamétricas para luego extraer submuestras. Estas últimas deben ser secadas y pesadas con el fin de obtener el peso seco.

A partir de los datos obtenidos se han desarrollado funciones de regresión entre el peso seco y las distintas variables dasométricas. Para expresar las relaciones entre el peso seco y las dimensiones de los árboles muestra, son varios los modelos que permiten el ajuste. Desarrollando las funciones obtenidas mediante la introducción de los valores medios de las clases diamétricas establecidas, se han obtenido los valores modulares de biomasa.

En el apartado 1.1. del **Anexo 2**. Captura de datos: Procedimiento, se muestran los modelos de estadillo empleados en la fase de inventario, así como las instrucciones para su correcta cumplimentación. Asimismo, en el **Anexo 3**. Obtención de valores modulares, se explica cómo se han obtenido las funciones de regresión que relacionan el peso con el diámetro.

4.1.2. Fase de señalamiento

En la fase de señalamiento se han recogido los siguientes datos en cada parcela:

- Monte y división dasocrática a la que pertenece.
- Fecha de inicio y de fin del señalamiento.
- Especie objeto del aprovechamiento.
- Diámetro normal de cada pie señalado o número de pies por clase diamétrica.

En el apartado 1.2 del **Anexo 2**. Captura de datos: Procedimiento, se incluye el estadillo utilizado. En aquellos montes en los que no se ha realizado señalamiento, la obtención del número de pies apeados y su distribución por clase diamétrica se ha realizado bien a partir de los datos de inventario y el porcentaje de corta, o bien mediante el conteo y medición de los diámetros de los tocones (diámetro basal).

4.1.3. Fase de control de tiempos

Esta fase ha implicado la recogida de los datos relativos a los tiempos dedicados a cada actividad realizada en las parcelas de estudio, así como los posibles condicionantes meteorológicos y orográficos de éstas. Para cada día de trabajo y para cada máquina se ha cumplimentado un estadillo en el que se detallan las características de la maquinaria utilizada, proceso de trabajo en el que se haya implicado, condiciones en las que trabaja, así como tiempo empleado en cada actividad, distancia y pendiente, si procede, y el número de pies apeados, procesados, desemboscados o astillados, según corresponda. En el **Anexo 2** sobre Captura de datos: Procedimiento, se puede ver el estadillo utilizado.

Respecto a la determinación de los tiempos elementales y su posterior clasificación en tiempos productivos se ha seguido la terminología propuesta por el grupo de trabajo 3.04.02 de IUFRO (Björherden, 1990 y 1995; Björherden *et al*., 1995) desarrollado en "El Aprovechamiento maderero" por Tolosana, E., *et al*., 2000, tal y como se resume a continuación. (**Tabla 4**)

Tabla 4. Clasificación de los tiempos de trabajo u operativos y no operativos

TIEMPO DE TRABAJO U OPERATIVO (TT)	
Parte del tiempo total medido en que el sistema de producción considerado o una parte del mismo está directa o indirectamente implicado en la consecución de una tarea específica de trabajo.	
Tiempo de trabajo productivo o directo (TTP):	Parte del TT que es empleado en contribuir directamente en la consecución de una tarea específica del ciclo de trabajo
• *Tiempo de trabajo principal (TTPrinc)*	Parte del TTP usado en cambiar el objeto de trabajo en lo que representa a su forma, posición o estado dentro de la definición de las áreas de trabajo (apeo, desrramado, apilado, arrastre, carga)
• *Tiempo de trabajo complementario (TTComp)*	Parte del TTP en que no ocurre lo anterior pero que es necesario para completar la tarea, como por ejemplo posicionamiento de la máquina o trabajador, limpieza del área de trabajo, etc.
Tiempo de trabajo indirecto: (TTI)	Parte del TT que no es empleado directamente en la consecución de una tarea específica del ciclo de trabajo, pero que se desarrolla como apoyo necesario a la misma (por ejemplo, tiempos de traslado, de planificación, de preparación operacional, tiempo de servicio, etc)
TIEMPO NO OPERATIVO (TNO)	
No se realizarán tareas directas ni auxiliares que contribuyan a la consecución de los objetivos de trabajo. (Se refiere a tiempo de descanso y necesidades personales, tiempo de interferencia, tiempos de desplazamiento al lugar de trabajo y tiempo de comida)	

Fuente. Tolosona *et al*. (2000). El aprovechamiento maderero

La medición de los tiempos de trabajo mediante un criterio común como el precedente ha permitido la comparación del grado de adaptación de una metodología o sistema de organización del trabajo a distintas circunstancias o el grado de eficiencia de distintos medios o formas de organizar el trabajo.

El análisis de rendimientos de la maquinaria utilizada en las distintas fases del aprovechamiento se ha realizado mediante el estudio de tiempos a través de cronometraje discontinuo, dividiendo los ciclos de trabajo de la distinta maquinaria a estudiar en operaciones elementales y registrando el tiempo empleado en cada operación elemental.

En este tipo de cronometraje discontinuo se ha fijado un intervalo de tiempo y disgregado el trabajo de la máquina en sus operaciones elementales. Se ha empleado un reloj para cronometrar cada intervalo de tiempo establecido, anotándose la operación que se está ejecutando.

Además, se han anotado los parámetros de producción asociados y los que condicionan el rendimiento (distancia, pendiente o número de pies, entre otros).

Los periodos de cronometraje han estado compuestos por jornadas completas o bien han cubierto homogéneamente todos los intervalos que componen una jornada, dada la existencia de variaciones en los tiempos y rendimientos a lo largo de la misma (por ejemplo, al principio, después de una comida o al final).

Este método ha presentado la ventaja de que da mayor precisión a la hora de estimar la distribución porcentual de tiempos en las correspondientes operaciones elementales, es menos exigente para el cronometrador y permite un mejor seguimiento de la producción y otros aspectos del trabajo. Estos porcentajes de tiempos por maquinaria se desarrollan más adelante en el apartado 5, ya que se han podido realizar modelos pormenorizados o analíticos que proporcionan una estimación del tiempo productivo empleado en cada una de las fases en las que se puede descomponer un ciclo.

La maquinaria empleada en el desarrollo de los trabajos demostrativos es representativa de todas las fases del aprovechamiento forestal y de biomasa, habiéndose utilizado la que se muestra en la tabla contigua.

En el **Anexo 4**. Fichas de maquinaria, se realiza una descripción de las máquinas utilizadas en forma de ficha individual, exponiéndose las principales características de las mismas.

Tabla 5. Maquinaria empleada en el desarrollo del proyecto demostrativo

ACTIVIDAD	MAQUINARIA
Apeo	Motosierra
	Tractor de alta estabilidad con cizalladora
	Procesadora
Desembosque	Skidder con cable
	Skidder con grapa
	Autocargador de semichasis
	Autocargador de doble eje
	Arriería
	Tractor oruga con cable
	Tractor neumático con contenedor
	Tractor neumático con remolque
Astillado	Astilladora sobre chasis de ruedas
	Astilladora remolcada
	Astilladora autoalimentada sobre autocargador
	Astilladora suspendida en tractor
Transporte astilla/madera	Camión piso móvil
	Camión con carro
Otras actividades	Cabrestante
	Desbrozadora suspendida en tractor
	Giratoria
	Retroexcavadora con pinza
	Retroexcavadora con cazo
	Retroexcavadora con garra

Fuente. Elaborado a partir de las Fichas de maquinaria (**Anexo 4**)

4.2. Captura de datos: procedimiento

La finalidad del presente apartado es la de definir los procedimientos para capturar los datos en las fases de inventario, señalamiento y control de tiempos. Si bien, debido a la dilatada experiencia en la toma de datos relativos al inventario (medición de alturas o de diámetros, entre otros factores) y al señalamiento no se considera necesaria su inclusión en este apartado. Por lo que quedarán especificados en el **Anexo 2**. Captura de datos: Procedimiento.

Así, a continuación, se desarrollará el procedimiento en la captura de datos relativa a los valores modulares, incluida en la fase de inventario, y al control de tiempos de la maquinaria. No obstante aparecerán de una forma más exhaustiva en el Anexo correspondiente.

4.2.1. Fase de inventario de valores modulares

El primer paso consiste en localizar y caracterizar los individuos que serán apeados; los árboles tipo son los 3 árboles más cercanos al centro de la parcela y/o representativos de las clases diamétricas más abundantes que sean característicos de la masa circundante. Los pies seleccionados deben presentar un desarrollo normal: pies sanos, equilibrados, excluyéndose los debilitados, mal conformados, o afectados por el efecto borde de la masa. Los parámetros que se miden para cada árbol tipo vienen detallados en el apartado 1.1.5 del **Anexo 2**. Captura de datos: Procedimiento.

Tras el estudio dendrométrico del pie elegido, se procede a su apeo y a la separación en sus diferentes fracciones de biomasa: fuste, ramas con diámetros superiores a 7 cm y ramas con diámetros inferiores a 7 cm.

Tras la corta y la separación de las fracciones anteriormente citadas, las ramas se pesan, realizando pesadas con cabria y romana (con una precisión de 250/500 g, que variará en función de la romana utilizada). Operando de esta manera se obtienen los datos de los pesos en verde de las muestras.

Se debe rellenar un estadillo por cada árbol seleccionado. La descripción de los datos a obtener y la cumplimentación del mismo viene descrita en el **Anexo 2**. Captura de Datos: Procedimiento.

No se ha considerado la toma de datos para la estimación de la biomasa radical, pues en la práctica únicamente se realiza el destoconado en eucaliptos, considerándose válidos los modelos de la publicación de referencia.

En cada localización es indispensable tomar muestras para la determinación del peso en seco. Se toman por separado muestras de fuste y ramas, de aproximadamente 1 kg cada una. Se ha tenido especial cuidado en controlar los tiempos desde la toma de muestras en campo hasta la estimación de la humedad en laboratorio; si el tiempo transcurrido es superior a las 48 horas, las muestras empiezan a perder humedad no siendo fiable el dato obtenido.

Los estadillos de campo obtenidos han sido volcados en una hoja de cálculo para facilitar el procesado de los mismos.

4.2.2. Fase de control de tiempos

El objeto del presente apartado es el de explicar cómo se ha llevado a cabo la captura de datos relativos al tiempo de los ciclos de trabajo así como las unidades de medición del material apeado, desemboscado o astillado durante el desarrollo de los trabajos. Para una mejor comprensión se indican los tiempos y los ciclos para cada tipo de maquinaria citada con anterioridad, agrupándose aquella que presenta un ciclo de trabajo similar. En el caso de existir peculiaridades específicas en el procedimiento del ciclo de trabajo, éste se describe de una manera más amplia en el apartado 5 del presente documento.

De manera general, se establece la siguiente correspondencia entre la definición de tiempos de anteriores trabajos y los del actual:

Tiempo de desplazamiento	Tiempo de trabajo indirecto
Tiempo de trabajo	Tiempo de trabajo principal
Tiempo no operativo	Tiempo no operativo
Otros Tiempos	Tiempo de trabajo indirecto

Motosierra

De forma general, cuando el método definido en la parcela es de *árbol completo*, la labor del motoserrista es únicamente la de apear los pies. En el método de *fuste + copa,* además del apeado debe realizar un descopado. Y si se trata de la metodología *madera + copa*, el motoserrista, adicionalmente a las actividades anteriores realiza el tronzado del fuste. Los tiempos asociados a esta actividad son:

- *Tiempo de desplazamiento (T_1)*: período durante el cual el motoserrista se desplaza por la zona de trabajo.
- *Tiempo de trabajo (T_2)*: incluye los tiempos dedicados al apeo, descopado y tronzado del árbol, según sea el caso.
- *Tiempo no operativo (T_3):* tiempo de descanso, tiempo de desplazamiento al lugar de trabajo previo al inicio de la jornada, tiempo de comida, averías, ausencias del trabajador, etc. Son tareas que no contribuyen a la consecución de los objetivos del trabajo.
- *Otros tiempos (T_4):* labores de mantenimiento, tiempos de espera, planificación del trabajo, posicionamiento del trabajador previo al apeo, etc. Son trabajos complementarios y necesarios para la continuación del trabajo.

Tiempo total (T) = $T_1 + T_2 + T_3 + T_4$
Tiempo ciclo completo (T_{ciclo}) = $T_1 + T_2$
Tiempo efectivo de trabajo ($T_{efectivo}$) = T_2

La *producción teórica* se define como el peso de los pies apeados (en toneladas), relacionado con el diámetro de los pies, por unidad de tiempo de trabajo efectivo (en horas). Esta producción teórica es tomada en el tiempo en el cual el operario está apeando y por tanto se descuentan los desplazamientos que realiza de pie a pie. Esta producción dependerá de las características mecánicas de la motosierra, del diámetro del pie a apear y de la habilidad del operario. Esta producción teórica ha sido la empleada en la definición del rendimiento en los trabajos de apeo (apartado 5 del presente documento).

La *producción real* se define como el peso de los pies apeados (en toneladas), por unidad de tiempo de trabajo, considerando el ciclo completo. Este rendimiento se verá influenciado por la organización del trabajo en cuanto a distancias recorridas, por las condiciones meteorológicas, por las condiciones de la parcela; pendiente, densidad de la vegetación, presencia de barro, etc.

Procesadora y cizalladora

La procesadora es una máquina que se caracteriza por su capacidad de apear, desramar y tronzar el árbol mediante un brazo rotatorio extensible y articulado con un radio de acción variable. Esta máquina se va desplazando a través de la masa y apeando los pies que se encuentran en su radio de acción. Es capaz de realizar otras tareas como descortezado, clasificado o apilado. El tractor de alta estabilidad con cizalladora realiza el apeo de los pies, pudiendo ser empleado también como medio de desembosque. Los tiempos que se han tenido en cuenta han sido:

- *Tiempo de desplazamiento (T_1)*: período durante el cual la máquina se desplaza hasta la zona de trabajo una vez iniciada la jornada. También se incluye el tiempo que dedica a desplazarse entre pie y pie.

- *Tiempo de trabajo (T_2)*: incluye los tiempos dedicados al apeo, desramado y tronzado del árbol, según el caso.

- *Tiempo no operativo (T_3):* tiempo de descanso, tiempo de desplazamiento al lugar de trabajo, tiempo de comida, averías, ausencias del trabajador, etc. Son tareas que no contribuyen a la consecución de los objetivos del trabajo.

- *Otros tiempos (T_4):* labores de mantenimiento, tiempos de espera, planificación del trabajo, posicionamiento de la máquina o del trabajador, etc. Son trabajos complementarios y necesarios para la continuación del trabajo.

$$\text{Tiempo total (T)} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$
$$\text{Tiempo ciclo completo } (T_{ciclo}) = T_1 + T_2$$
$$\text{Tiempo efectivo de trabajo } (T_{efectivo}) = T_2$$

La *producción teórica* se define como el peso de los pies apeados (en toneladas), por unidad de tiempo de trabajo efectivo (en horas). Esta producción teórica es tomada en el tiempo en el cual la máquina está apeando y, por tanto, se descuentan los desplazamientos de la misma.

Esta producción dependerá exclusivamente de las características mecánicas del sistema de apeado y de las propiedades físicas del material a apear, siendo determinante la pericia del maquinista. Esta producción teórica ha sido la empleada en la definición del rendimiento de la maquinaria (apartado 5 del presente documento).

La *producción real* se define como la relación entre el peso de los pies apeados (en toneladas), por unidad de tiempo de trabajo (hora), considerando el ciclo completo. La producción teórica es tomada como la producción máxima posible, estando todo el tiempo de trabajo la máquina apeando. La producción real es igual a la producción teórica minorada por un factor, que dependerá de diversos factores como:

- Organización del trabajo: distancias recorridas.
- Tipo de trabajo: cortas a hecho, clareos, obras de infraestructura (cortafuegos).
- Condiciones de la parcela: pendiente, densidad de la vegetación, etc.
- Condiciones meteorológicas.
- Experiencia de los operarios.

Skidder con cable y skidder con grapa

El "skidder" o tractor forestal se caracteriza por desemboscar la madera arrastrándola sobre el suelo del monte. Lo más frecuente es que el extremo más cercano al tocón (coz) se suspenda del tractor, mientras que el otro extremo de desplaza sobre el suelo. Sólo en el caso de que la madera sea corta y haya sido reunida previamente en pilas, el transporte se realiza con las trozas totalmente suspendidas. (VIGNOTE *et al.*, 1993).

- *Tiempo de desplazamiento sin carga (T_1)*: período durante el cual el tractor se desplaza a través del monte hasta situarse lo más próximo a la madera a desemboscar, momento en el que fija su posición. Este recorrido lo hace al principio de ciclo.

- *Tiempo de enganche o carga (T_2)*: en el caso del skidder con cable, el ayudante del maquinista toma el extremo del cable y, desenrollándolo, lo sitúa junta a la madera a desemboscar. Engancha las trozas, las copas o el pie completo, según el caso, y da orden al maquinista para que recoja el cable y arrastre la madera hasta el tractor.

  Si se trata de un skidder con grapa, el maquinista se sitúa cerca del material a desemboscar para poder ser alcanzado por la grapa. El maquinista abre la grapa, recoge el material y lo transporta semisuspendido y se desplaza hasta que encuentra otra nueva troza, copa o pie entero. Esta operación es repetida hasta quedar completada la capacidad de carga de la grapa.

- *Tiempo de desplazamiento con carga (T_3)*; para el skidder con cable es el tiempo que el maquinista emplea para recoger el cable, arrastrar la madera hasta el tractor y transportar la madera hasta el cargadero, pista o lugar prefijado.

  En el skidder con grapa este tiempo incluye el dedicado al desplazamiento desde que completa la capacidad de la grapa hasta que la lleva a cargadero, pista o lugar definido.

- *Tiempo de descarga (T_4):* periodo durante el cual se desengancha o descarga la madera del tractor y se deposita en el suelo. Se descarga y vuelve a comenzar el ciclo.

- *Tiempo no operativo (T_5):* tiempo de descanso, tiempo de comida, averías, ausencias del trabajador, etc. Son tareas que no contribuyen a la consecución de los objetivos del trabajo.

- *Otros tiempos (T_6):* labores de mantenimiento, tiempos de espera, planificación del trabajo, posicionamiento de la máquina o del trabajador, etc. Son trabajos complementarios y necesarios para la continuación del trabajo.

$$\text{Tiempo total (T)} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6$$
$$\text{Tiempo ciclo completo } (T_{ciclo}) = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$
$$\text{Tiempo efectivo de trabajo } (T_{efectivo}) = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

La *producción real* estará definida por el peso de madera (en toneladas) que es capaz de realizar por unidad de tiempo de trabajo efectivo (en horas). La producción es tomada en el tiempo del ciclo en el cual la máquina está realizando el transporte sin carga, el enganche o carga de la madera, el transporte con carga y el desenganche o descarga del material.

El tiempo de transporte, tanto con carga como sin carga, depende de la velocidad del tractor y de la distancia recorrida. La velocidad del tractor está influenciada por las características del propio tractor, así como de las condiciones de carga. Pero sobre todo, está influenciado por las condiciones del terreno; pendiente, pedregosidad, afloramientos rocosos, presencia de barro o de regenerado, entre otros factores. Estas últimas, junto al diseño del aprovechamiento, determinarán la distancia eficiente de transporte.

El tiempo de enganche y desenganche de las trozas depende, fundamentalmente, del número de trozas que se enganchen por ciclo, aumentando al elevar el número de trozas. El volumen y peso de la troza también influyen. Así, cuanto más voluminosa y pesada sea la troza, mayor será el tiempo de enganche (VIGNOTE *et al.,* 1993*).*

El rendimiento que se obtiene con un skidder con cable es mayor que el obtenido con un skidder con grapa, pues este último debe acercarse hasta donde se encuentra el material a desemboscar y que, éste a su vez, debe estar debidamente colocado para evitar pérdidas de rendimiento por el tiempo excesivo dedicado a la carga.

Tractor con remolque y autocargador

El tractor con remolque y el autocargador se caracterizan por desemboscar la madera suspendida con respecto al suelo del monte. La mayoría de estos tractores vienen dotados con una grúa terminada en una pinza que realiza la carga en el remolque.

- *Tiempo de desplazamiento sin carga (T_1)*: período durante el cual el tractor se desplaza a través del monte hasta situarse lo más próximo a la madera a desemboscar. Este recorrido se hace al comienzo del ciclo.

- *Tiempo de enganche y carga (T_2)*: el maquinista se sitúa cerca del material a desemboscar para poder ser alcanzado por la grúa. El maquinista abre la pinza, recoge el material y lo carga en el remolque, y se desplaza hasta que encuentra otra nueva troza, copa o pie entero. Esta operación es repetida hasta quedar completada la capacidad de carga del remolque o caja.

- *Tiempo de desplazamiento con carga (T_3)*; es el periodo de tiempo dedicado al desplazamiento desde que se completa la capacidad del remolque hasta que la carga es llevada al cargadero, pista o sitio prefijado.

- *Tiempo de descarga (T_4):* periodo durante el cual se produce la descarga del remolque y se deposita el material en el suelo. Se descarga y vuelve a comenzar el ciclo.

- *Tiempo no operativo (T_5):* tiempo de descanso, tiempo de comida, averías, ausencias del trabajador, etc. Son tareas que no contribuyen a la consecución de los objetivos del trabajo.

- *Otros tiempos (T_6):* labores de mantenimiento, tiempos de espera, planificación del trabajo, posicionamiento de la máquina o del trabajador, etc. Son trabajos complementarios y necesarios para la continuación del trabajo.

$$\text{Tiempo total (T)} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6$$
$$\text{Tiempo ciclo completo } (T_{ciclo}) = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$
$$\text{Tiempo efectivo de trabajo } (T_{efectivo}) = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

La *producción real* se define como el peso de madera (en toneladas) que es capaz de realizar por unidad de tiempo de trabajo efectivo (en horas). La producción teórica es tomada en el tiempo del ciclo en el cual la máquina está realizando el transporte sin carga, la carga de la madera, el transporte con carga y la descarga del material.

Astilladora móvil o remolcada

Las astilladoras móviles o remolcadas pueden ser desplazadas por las vías de saca en el interior de la zona de trabajo, pudiéndose realizar la carga de forma manual o con ayuda de una grúa. El tiempo del ciclo de trabajo se divide en los siguientes períodos:

- *Tiempo de desplazamiento sin carga (T_1)*: período durante el cual la astilladora se desplaza por la vía de saca desde el contenedor de acopio hasta la zona de trabajo. Este recorrido lo hace al principio de ciclo, estando el depósito de almacenamiento de la máquina vacío.

- *Tiempo de trabajo (T_2)*: este período viene condicionado por la capacidad del depósito donde se almacena el material triturado.

  Está compuesto por el tiempo en el que la plataforma de alimentación está con material que está siendo astillado y por el tiempo en el que aunque la máquina esté trabajando y el gasto energético no se haya interrumpido, la producción de astilla es nula porque no entra material.

- *Tiempo de desplazamiento con carga (T_3):* una vez está lleno el depósito de almacenamiento de la astilladora, la máquina se desplaza desde la zona de trabajo al área de acopio donde se sitúa el contenedor en el que realizará el vaciado. La velocidad de desplazamiento es más lenta debido al peso que supone tener el depósito lleno.

- *Tiempo no operativo (T_4):* tiempo de descanso, tiempo de comida, averías, ausencias del trabajador, etc. Son tareas que no contribuyen a la consecución de los objetivos del trabajo.

- *Otros tiempos (T_5):* labores de mantenimiento, tiempos de espera, planificación del trabajo, posicionamiento de la máquina o del trabajador, etc. Son trabajos complementarios y necesarios para la continuación del trabajo.

$$\text{Tiempo total (T)} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$$
$$\text{Tiempo efectivo de trabajo } (T_{efectivo}) = T_2$$

La *producción teórica* se define como el peso de astillas (en toneladas) que la máquina es capaz de producir por unidad de tiempo de trabajo efectivo (en horas). La producción teórica es tomada en el tiempo del ciclo durante el cual la máquina está astillando y, por tanto, descontando desplazamientos de la misma, tiempo de carga, etc. Dependerá de las características mecánicas del sistema de astillado y de las propiedades físicas del material a astillar (resistencia al corte, humedad del material, densidad, etc.). Esta producción teórica es la empleada en la definición del rendimiento de la maquinaria (apartado 5 del presente documento).

La *producción real* se define como el volumen de material astillado por unidad de tiempo de trabajo, considerando el ciclo completo. Mientras que la producción teórica es la producción máxima posible, estando todo el tiempo de trabajo la máquina astillando. La producción real es igual a la producción teórica minorada por un factor que dependerá de diversos condicionantes como:

- Organización del trabajo: distancias recorridas.
- Tipo de trabajo: cortas a hecho, clareos, obras de infraestructura (cortafuegos o vías forestales).
- Condiciones de la parcela: pendiente, densidad de la vegetación, etc.
- Condiciones climáticas.
- Experiencia de los operarios.

Astilladora sobre camión, tractor o autocargador

Este tipo de astilladora va montada sobre un camión, un autocargador o un tractor. Trabaja en zonas de acopio de materiales, en posición fija porque no puede circular por la parcela forestal a causa de las irregularidades del terreno, la fragilidad de los neumáticos, la potencia exigida al equipo y por la compactación que supondría su tránsito debido a su elevado peso.

En la evaluación de este tipo de astilladoras el tiempo de desplazamiento en vacío es nulo, no así el tiempo de desplazamiento entre las diferentes zonas de trabajo, dado que los residuos pueden estar concentrados en diferentes pilas que pueden estar separadas por una distancia variable (es recomendable distancias entre 60-80 metros). Por tanto, éstas se ven obligadas a desplazarse distancias cortas dentro de la zona de acopio durante el tiempo de trabajo. Como estas máquinas depositan la astilla directamente en contenedor mediante una impulsión neumática, tampoco posee un tiempo de vaciado de los materiales, dado que éste es simultáneo al propio astillado.

No obstante, si la astilla hubiera sido volcada sobre el suelo, se deberá contemplar el tiempo de recogida del suelo de la astilla y su volcado en un contenedor.

- *Tiempo de trabajo (T_1)*: período durante el cual la astilladora está astillando.
- *Tiempo de recogida de la astilla del suelo y su volcado en un contenedor (T_2)*, en el caso de que no se vuelque directamente sobre el contenedor.
- *Tiempo no operativo (T_3):* tiempo de descanso, tiempo de desplazamiento al lugar de trabajo, tiempo de comida, averías, ausencias del trabajador, etc. Son tareas que no contribuyen a la consecución de los objetivos del trabajo.
- *Otros tiempos (T_4):* labores de mantenimiento, tiempos de espera, planificación del trabajo, posicionamiento de la máquina o del trabajador, etc. Son trabajos complementarios y necesarios para la continuación del trabajo.

$$\text{Tiempo total (T)} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$
$$\text{Tiempo efectivo de trabajo } (T_{efectivo}) = T_1$$

La *producción teórica* se define como el peso de astillas (en toneladas) que la máquina es capaz de procesar por unidad de tiempo de trabajo efectivo (en horas). La producción teórica es tomada en el tiempo del ciclo en el cual la máquina está astillando y por tanto descontando desplazamientos de la misma, tiempo de carga, etc.

Dependerá exclusivamente de las características mecánicas del sistema de astillado y de las propiedades físicas del material a astillar (resistencia al corte, humedad del material, densidad, etc.). Esta producción teórica es la empleada en la definición del rendimiento de la maquinaria (apartado 5 del presente documento).

La *producción real* se define como el peso del material astillado por unidad de tiempo de trabajo, considerando el ciclo completo. Mientras que la producción teórica es la producción máxima posible, estando todo el tiempo de trabajo la máquina astillando, la producción real es igual a la producción teórica minorada por un factor, que dependerá de diversos condicionantes como:

- Organización del trabajo: distancias recorridas y colocación de los pies, trozas o copas en las pilas.
- Tipo de trabajo: cortas a hecho, clareos, obras de infraestructura (cortafuegos o vías forestales).
- Condiciones de la parcela: pendiente, densidad de la vegetación, etc.
- Condiciones climáticas.
- Experiencia de los operarios.

En resumen, se han tomado los tiempos de todas las máquinas que han intervenido en el desarrollo de los trabajos demostrativos, clasificándose en tres fases por tipo de operación, labores de apeo, labores de desembosque y labores de astillado, como se ha visto en la **Tabla 5**.

Cada máquina tiene un estadillo por fecha de trabajo (ver apartado 1.3 del **Anexo 2**. Captura de datos: Procedimiento) donde quedan registradas cada una de las actividades que se han definido en párrafos anteriores, de tal manera que cada tipo de actividad debe tener asociados los valores que se muestran en la tabla adjunta. (**Tabla 6**)

Tabla 6. Recogida de tiempos por tipo de actividad

ACTIVIDAD	TIPO DE ACTIVIDAD	MEDICIONES ASOCIADAS			
		TIEMPO	DISTANCIA	PENDIENTE	MEDICIÓN[1]
Apeo	Apeo	X		X	X
	Desplazamiento	X	X	X	
	Tiempo no operativo	X			
	Otros tiempos	X			
Desembosque	Desplazamiento sin carga	X	X	X	
	Enganche y/o carga	X			X
	Desplazamiento con carga	X	X	X	
	Desenganche y/o carga	X			X
	Tiempo no operativo	X			
	Otros tiempos	X			
Astillado	Desplazamiento sin carga	X	X	X	
	Carga	X			
	Desplazamiento con carga	X	X	X	
	Descarga	X			
	Astillado	X			X
	Tiempo no operativo	X			
	Otros tiempos	X			

Fuente. Elaboración propia

[1] En medición se registrará, según el caso, número de pies, estéreos, copas, trozas, etc.

Para cada ciclo de trabajo y dependiendo de la máquina de que se trate se podrán dar hasta cuatro unidades de medición que podrán ser: pies, estéreos, copas o trozas y diámetro.

Para la transformación de estas unidades de medición a unidad de peso, en los casos en los que se cuente con el diámetro, el peso del material apeado, desemboscado o astillado se ha calculado en función del mismo y de los valores modulares obtenidos específicamente para esa zona o en su defecto, de los valores modulares publicados en "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles". En los casos en los que no se cuente con el diámetro y en los que la masa ha sido homogénea se ha utilizado el peso medio de un árbol tipo.

Los pesos están siempre referidos a un 30% de humedad con el objeto de que posteriormente se puedan comparar rendimientos.

Asimismo, en el estadillo se ha reflejado la descripción de la máquina empleada (tipo, marca y modelo) y las condiciones susceptibles de influir en el rendimiento de las operaciones:

- Existencia de pedregosidad
- Existencia de afloramientos rocosos
- Presencia de barro
- Presencia de regenerado
- Aterrazado
- Lluvia

Para facilitar el tratamiento de los datos recogidos, todos los estadillos de campo han sido volcados en una base de datos creada para tal efecto.



4.3. Elaboración de resultados

Una vez capturados los datos citados tal y como se ha indicado en el apartado 4.2, durante las tres fases (inventario, señalamiento y control de tiempos), se ha procedido a su tratamiento y a la posterior elaboración de resultados.

4.3.1. Fase de inventario

Los estadillos de campo del inventario han sido volcados a una hoja de cálculo para facilitar el manejo de los datos, habiéndose obtenido:

- Nº pies totales y Densidad inicial (pies/ha)
- Distribución de pies por clase diamétrica
- Área basimétrica (m^2/ha) y Volumen (m^3/ha)
- Diámetro normal del árbol tipo (cm)

En aquellos montes donde se han realizado pesadas de los pies, se han obtenido valores modulares particularizados al monte de estudio, es decir:

- Modelo de regresión que relaciona el peso seco (fuste, copa o total) con el diámetro
- Peso seco del fuste, de copa y total por clase diamétrica
- Peso verde del fuste, de copa y total por clase diamétrica, referido a un 30% de humedad

4.3.2. Fase de señalamiento

Los estadillos de campo correspondientes a la fase de señalamiento, al igual que en el caso anterior, han sido volcados a una hoja de cálculo, con el fin de agilizar el tratamiento de los datos. Con la recogida de datos de señalamiento se obtiene el número de pies que serán cortados, por lo que se puede disponer de:

- Nº pies extraídos
- Densidad de corta (pies/ha), y por lo tanto, densidad final y porcentaje de corta
- Diámetro normal medio de corta (cm)
- Peso promedio, en seco y en verde, del árbol tipo extraído (kg/pie)
- Peso (en toneladas) de biomasa que serán extraídas (t/ha)

4.3.3. Fase de control de tiempos

Esta fase constituye el grueso del análisis del proyecto por el gran volumen de datos recogidos, por la variabilidad de los mismos y por la diversidad de posibilidades en cuanto a resultados que pueden generar.

Los estadillos de campo han sido volcados en una base de datos, identificando los datos para cada monte de estudio. El proceso seguido para cada monte en el análisis de los mismos ha sido el siguiente:

1. Estudio exhaustivo de la metodología empleada en cada parcela, con el fin de entender la definición de los datos volcados. ¿De qué datos se debe disponer? ¿Qué datos se tienen?
2. Definición de resultados buscados. ¿Qué datos se quieren obtener?
3. Para cada monte, generación de una hoja de cálculo con los datos por parcela.
4. En cada parcela, separación de los datos por maquinaria, y por lo tanto, estudio individualizado por máquina.



5. Análisis pormenorizado de la calidad de los datos para cada máquina: detección de errores como valores incoherentes, nulos o incompletos.
6. Estudio de la distribución de tiempos por máquina, obteniendo el tiempo que cada máquina emplea en realizar las actividades propias de la misma, su porcentaje y un gráfico representativo de los citados valores.

Previamente al estudio de los rendimientos, en los casos en los que ha sido posible, se ha realizado una separación por condicionantes, considerando dos situaciones: una situación óptima en la cual no aparece ningún tipo de condicionante, y una situación no favorable, en la que los rendimientos se ven influidos por algún tipo de factor limitante: barro, lluvia, existencia de pedregosidad, de afloramientos rocosos, presencia de regeneración o terreno aterrazado.

El tiempo empleado en el cálculo del rendimiento es el correspondiente al *tiempo efectivo de trabajo*, definido en el apartado 4.2.2 del presente documento. El peso (en toneladas) está referido a un 30% de humedad. Con estas premisas, para cada máquina, se han realizado los siguientes análisis:

7. Estudio del rendimiento medio (pies/h y t/h) por pendiente y situación (óptimo y no favorable). En los trabajos de apeo este rendimiento está asociado al diámetro normal (cm) y al peso (kg) del árbol tipo de la parcela de estudio. En el caso del desembosque, se asocia además a la distancia media de desembosque (m).
8. A partir del rendimiento medio (t/h) y del coste horario (€/h), obtención del coste medio por tonelada (€/t). Los valores del coste horario proceden de las tarifas TRAGSA 2011. En el **Anexo 4**. Fichas de maquinaria, se incluyen estos valores.
9. Obtención del coste medio por hectárea (€/ha) a partir del rendimiento medio (t/h), de la intensidad de corta (t/ha) y del coste horario (€/h).
10. Obtención de una horquilla de rendimientos (t/h) en los trabajos de desembosque. Los rendimientos han sido clasificados por pendiente (%), intervalo de distancia de desembosque (m) y condiciones (óptimo y no favorable).

Una vez obtenidos los rendimientos por maquinaria se han comparado los métodos realizados en cada monte. Por lo que se ha realizado:

11. Estudio de cada método teniendo en cuenta los rendimientos (t/h) y el coste horario de la maquinaria implicada en el mismo. De tal manera que se obtiene un coste final (€/t) por método.

Por último, se ha procedido a la presentación de resultados y a la elaboración de conclusiones a partir de los datos citados en los puntos anteriores.

4.4. Presentación de resultados: tipos y formatos

El paso final en el tratamiento de los datos es la presentación de resultados y la elaboración de conclusiones. En este apartado se hace un resumen de los tipos y formatos de datos finales, quedando definidos los resultados concretos por monte en el apartado 5 del presente documento.

4.4.1. Fase de inventario

Los resultados definidos en el apartado 4.3.1 se ha presentado en formato tabla. Por un lado, se resumen los datos propios del inventario (densidad, diámetro normal y pies totales) (**Tabla 7**). Y por otro lado, se muestran los valores modulares propios de la especie objeto de aprovechamiento en el monte (**Tabla 8**). En el caso en el que se hayan desarrollado valores modulares particularizados, se aporta una salida de los datos gráficamente.

Tabla 7. Ejemplo de tabla de datos de inventario

PARCELA	SUP (ha)	NÚMERO SUBPARCELAS	ESPECIE	DN (cm)	DENSIDAD (pies/ha)	NÚMERO PIES
1	4,5	4	*Pinus pinea*	16,3	774	3.484
2	4,6	6	*Pinus pinea*	15,3	672	3.467
3	4,9	4	*Pinus pinea*	14,3	744	3.644
4	6,7	7	*Pinus pinea*	14,3	824	5.518
5	4,3	4	*Pinus pinea*	16,8	744	3.197
6	5,3	5	*Pinus pinea*	20,7	444	2.354

Fuente. Elaboración propia

Tabla 8. Peso (kg, 30% humedad) por clase diamétrica. Valores modulares

CD	Dn (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	7,5	3,3	7,2	10,6
2	13,9	16,9	29,3	46,2
3	17,5	43,7	66,2	109,9
4	22,5	85,7	118,1	203,9
5	27,5	144,6	185,0	329,7
6	32,5	221,7	266,9	488,6
7	37,5	318,2	363,9	682,1

Fuente. Montero, G. *et al.* (2006) "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles". INIA

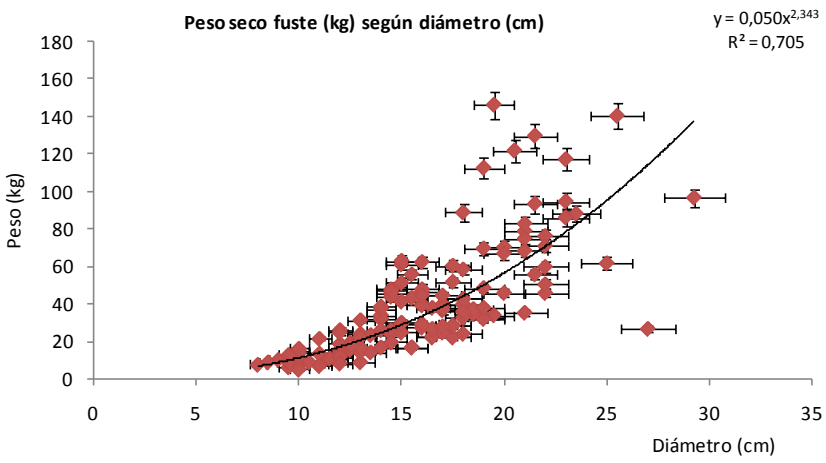


Figura 2. Ejemplo de gráfico. Relación de datos (peso, diámetro)

4.4.2. Fase de señalamiento

Los resultados definidos en el apartado 4.3.2 se resumen en formato tabla.

El peso extraído referido en la tabla es siempre el peso de biomasa. Es decir, en aquellos montes en los que ha existido un aprovechamiento mixto, (es decir, el fuste ha sido destinado a madera de sierra o industria y la copa a biomasa), este peso corresponde a la fracción del árbol destinado a biomasa.

Tabla 9. Ejemplo de tabla de datos de señalamiento

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)		% CORTA	PESO EXTRAÍDO	
				INICIAL	FINAL		(kg/pie)	(t/ha)
Huelva	Campo Común de Arriba	01_CCAr	3,9	451	343	24	161,0	17,4
		02_CCAr	5,0	322	245	24	137,9	10,6
		03_CCAr	8,1	778	424	45	103,1	36,2

Fuente. Elaboración propia

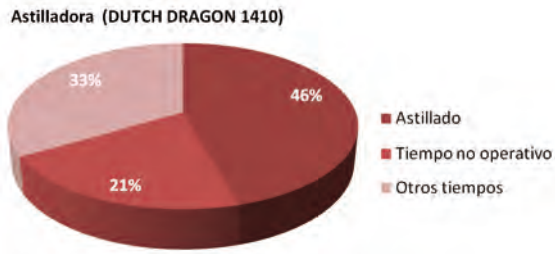
4.4.3. Fase de control de tiempos

Se exponen los resultados definidos en el apartado 4.3.3 en formato tabla y gráficamente. En primer lugar se muestra el porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. En aquellos montes con varias parcelas de estudio, se ha realizado su presentación por parcela, con el fin de clarificar estos valores. Como se puede observar, se añade el número de casos estudiados en cada caso, de tal manera que se pueda conocer el tamaño de la muestra sobre la que se ha realizado el estudio. (**Tabla 10**)

Tabla 10. Ejemplo de tabla de distribución de tiempos

PROVINCIA	PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
					Horas	%
Jaén	1_Engarbos	Astilladora	95	**Astillado**	**7,4**	**46**
				Tiempo no operativo	3,4	21
				Otros tiempos	5,4	33
				Total	**16,2**	**100**

Fuente. Elaboración propia



En segundo lugar, se resumen los datos de rendimiento por máquina, agrupándose en las tres fases: apeo, desembosque y astillado. (**Tablas 11 y 12**)

Tabla 11. Ejemplo de tabla para los datos de apeo

PARCELA	MAQUINARIA	CONDICIONES	Dn (cm)	PESO (kg)	RENDIMIENTO		COSTE	
					(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
2_Engarbos	T.A.E. con cizalladora (SEFOSA Limfor)	Todos	13,6	81,9	53	4,3	1.135	27
		Óptimo			56	4,6	1.068	25
		No favorable			51	4,2	1.167	28
5_Engarbos	T.A.E. con cizalladora (SEFOSA Limfor)	No favorable	11,9	61,6	69	4,3	826	27
6_Engarbos	Procesadora (TIMBERJACK 1210)	Óptimo	17,5	140,3	94	13,2	287	9

Fuente. Elaboración propia

Tabla 12. Ejemplo de tabla para los datos de desembosque

PARCELA	MAQUINARIA	CONDICIONES	Dn (cm)	PESO (kg)	RENDIMIENTO		COSTE	
					(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
1_Engarbos	Motosierra (STIHL 026)	Óptimo	14,9	97,7	64	6,3	179	4
3_Engarbos	Motosierra (STIHL 026)	Óptimo	14,0	87,5	54	4,7	215	5

Fuente. Elaboración propia

Tabla 13. Ejemplo de tabla para los datos de astillado

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO		COSTE	
		(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
1_Engarbos	Astilladora (DUTCH DRAGON 1410) sobre autocargador (TIMBERJACK 1410B)	288	28,2	399	8
2_Engarbos	Astilladora (LINDANA TP-270) suspendida en tractor (VALTRA T161)	125	10,2	420	10
3_Engarbos	Astilladora (MORBARCK M18 Hurricane Urricane F18) alimentada con giratoria (CATERPILLAR)	103	9,0	500	11

Fuente. Elaboración propia

En el caso de los trabajos de desembosque se ha desarrollado además una tabla con la horquilla de rendimientos (t/h) en función de la pendiente y del intervalo de distancia. Se indica además el número de ciclos estudiados en cada caso. Si se hubiera obtenido una buena regresión que explique los datos, se incluye en la parte final de la tabla, junto con el coeficiente de determinación múltiple (R^2). La finalidad es la de resumir todos los datos observados, de tal manera que quede enmarcado el rendimiento en un intervalo de distancia y de pendiente. (**Tabla 14**)

Tabla 14. Ejemplo de tabla para los datos de rendimiento observados en el desembosque

PARCELA	MÁQUINA	SITUACIÓN	DISTANCIA MEDIA (m)	PENDIENTE MEDIA (%)	DISTANCIA (m)	RENDIMIENTO (t/h)			Nº CICLOS	ECUACIÓN	R^2
						MED	MIN	MAX			
1_ Engarbos	Tractor oruga con cable (FIAT 955C)	No favorable	329	≥ 50	180-500	1,6	0,6	3,3	50		
	Skidder con cable (TIMBERJACK TB 240 b)	No favorable	132	0-30	75-175	1,8	1,0	2,1	8	Rendimiento (t/h) = $60{,}256*D^{-0751}$	0,5649
			259	30-50	88-312	1,6	1,1	2,6	19	Rendimiento (t/h) = $25{,}407*D^{-0{,}516}$	0,9223

Fuente. Elaboración propia

Para aquellos casos en los que se haya podido obtener una ecuación, se incluye un gráfico de dispersión de los datos. Si una misma máquina ha trabajado en condiciones distintas ha sido posible comparar los rendimientos teóricos (aplicación de la ecuación obtenida) en las distintas situaciones. (**Figura 3**)

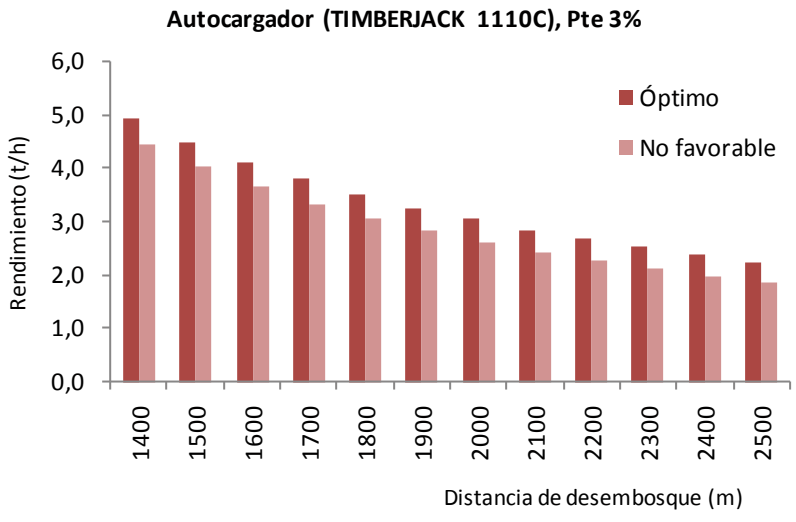


Figura 3. Ejemplo de gráfico. Relación de datos observados (rendimiento y distancia de desembosque)

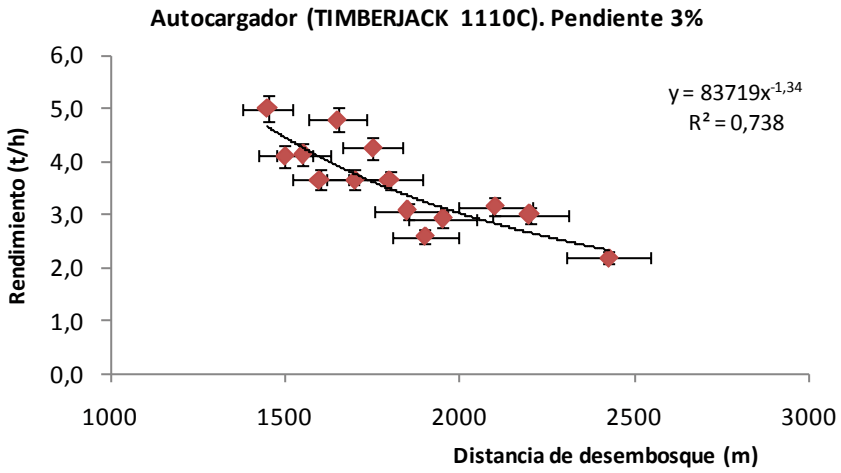


Figura 4. Ejemplo de gráfico. Relación de datos teóricos (rendimiento y distancia de desembosque)

En último lugar, y como resumen de todo lo expuesto con anterioridad, se agrupa la maquinaria por parcela, de tal forma que se puede obtener el coste final por tonelada para cada uno de los procedimientos. (**Tabla 15**)

Tabla 15. Ejemplo de tabla para los costes de extracción de biomasa

PARCELA	MÉTODO	OPERACIÓN	MÁQUINA	RDTO (t/h)	COSTE (€/t)	
P1_Poyo	F+C	Apeo	Giratoria Komatsu con cabezal de procesado Tecfor PC228	4,5	26	75
		Desembosque	Miniretroexcavadora cadenas de gomas (Takehuchi)	5,2	11	
		Astillado	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (Pezzolato)	2,5	38	

Fuente. Elaboración propia

Como se puede observar, se añade una columna para definir el tipo de operación que realiza cada máquina. De esta manera se especifica si la máquina realiza desembosque a cargadero o desembosque a pista, astillado en parque o astillado "in situ", por ejemplo. En los montes con varios métodos se presenta el coste gráficamente.

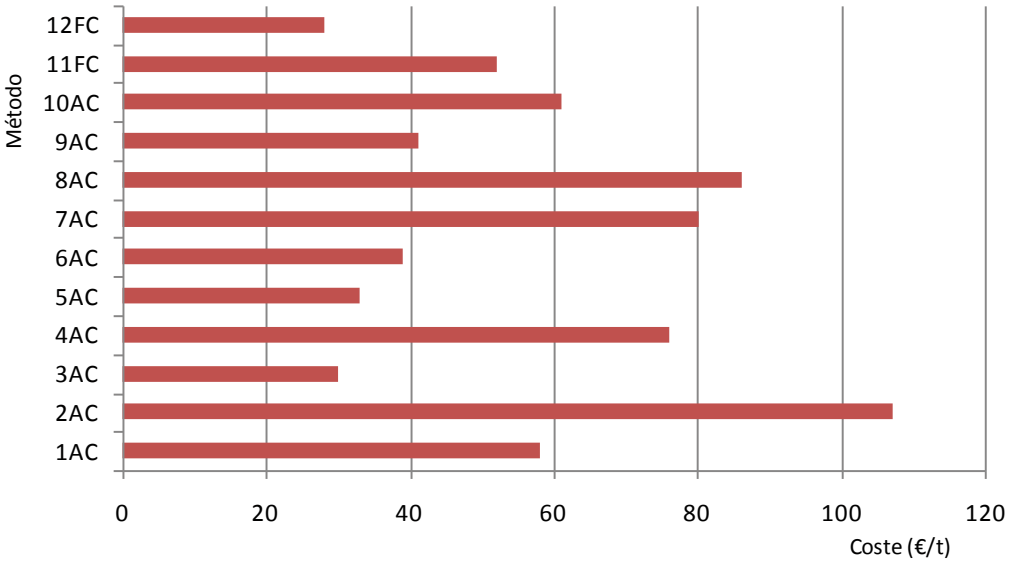


Figura 5. Ejemplo de gráfico. Coste (€/t) por método



5

Obtención de resultados

Córdoba: Caballeras
Huelva: Baldíos de Almonaster
Huelva: Grupo Ordenado de Almonte
Huelva: Campo Común de Arriba
Jaén: Los Engarbos
Jaén: Los Engarbos (fase II)
Jaén: Poyo de Santo Domingo
Málaga: La Espartosa
Málaga: Las Majadas de Ronda y El Berrueco
Málaga: Sierra Blanca y Bermeja
Málaga: Las Conejeras y Madroñales
Málaga: Barranca Honda y Ballesteros

5.1. Córdoba: Caballeras

5.1.1. Localización: Área de actuación

El Monte Caballeras (CO-11008-JA) es un monte propio de la Junta de Andalucía que se localiza en la provincia de Córdoba, en el Término Municipal de Espiel. Pertenece a la agrupación "Caballeras", que abarca una superficie de 5.101,93 ha.

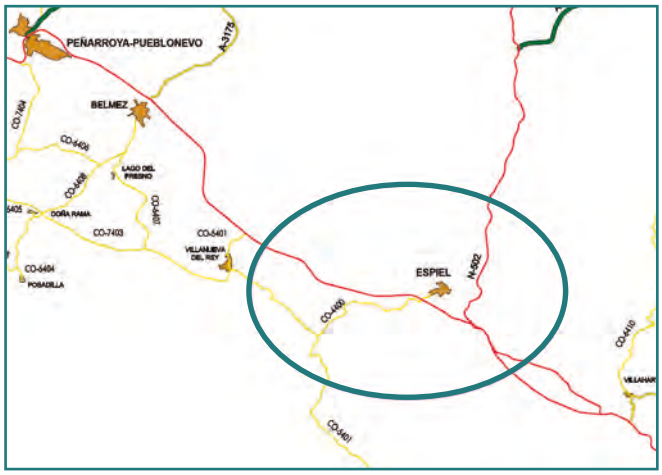


Figura 6. Croquis de situación

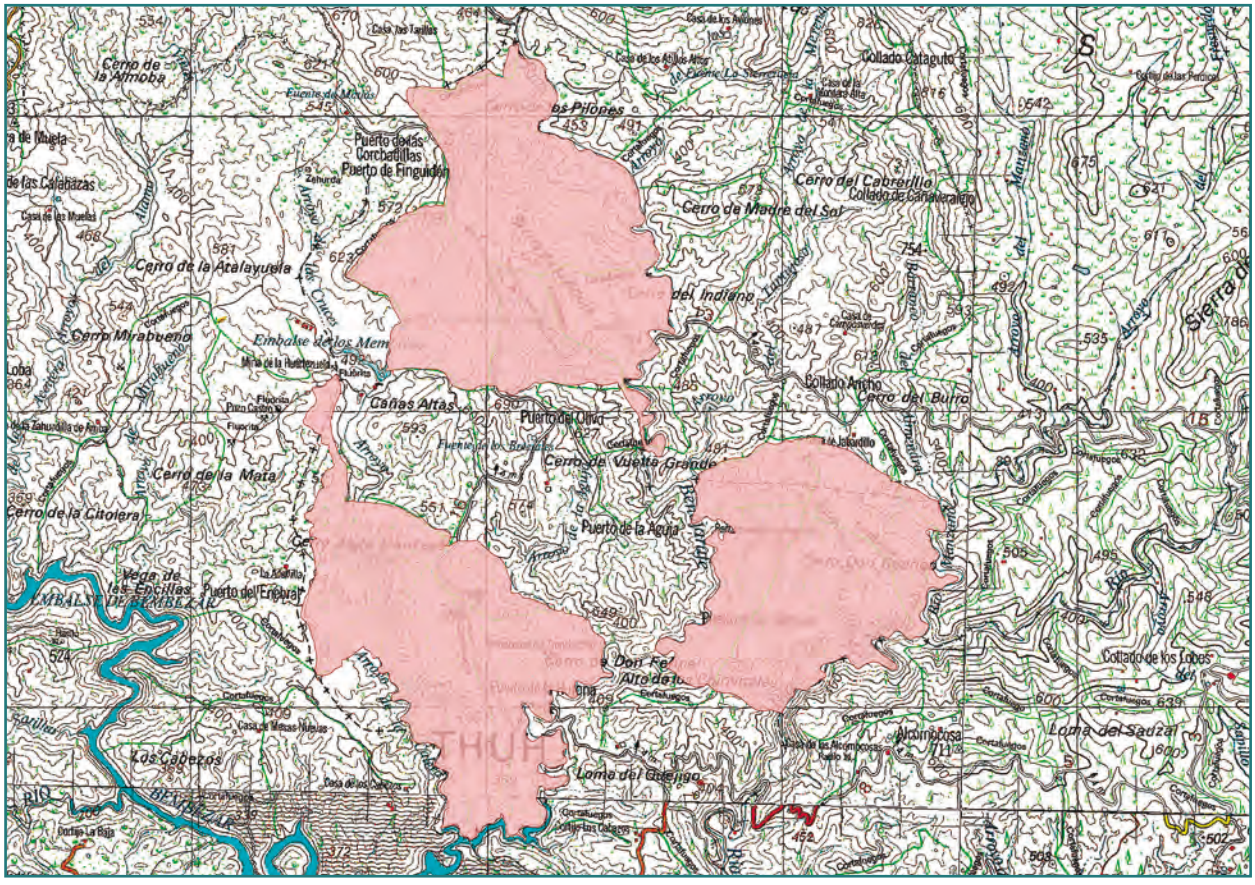


Figura 7. Monte Caballeras

El monte está situado en el núcleo central de Sierra Morena. Se encuentra sobre una serie pizarrosa en la que se intercalan episodios detríticos de tipo cuarcítico que hacia el techo se van haciendo más abundantes hasta constituir una serie alternante de pizarras y cuarcitas, llegándose en algunos puntos al predominio absoluto de material detrítico.

Los suelos dominantes son regosoles y leptosoles líticos. Desarrollan perfiles de escaso espesor y tipo AC, A(B)C, con un pH ligeramente ácido y un contenido en materia orgánica relativamente bajo. Se trata de suelos de color pardo y textura media.

Del estudio de los diagramas Montero de Burgos-González Rebollar se deduce que el periodo de sequía es de unos 3 meses. No hay meses de helada segura (salvo en la zona más alta), con cinco meses de heladas probables (noviembre a marzo) en las zonas más altas, que se reducen a tres en las más bajas. La precipitación se mantiene casi siempre por encima de 600 mm anuales. Biogeográficamente, el monte se encuadra en la provincia Luso-Extremadurense, en el sector Mariano-Monchiquense, piso mesomediterráneo en transición hacia el termomediterráneo. La serie de vegetación correspondiente es la Serie mesomediterránea luso-extremadurense seco-subhúmeda silicícola de la encina *Quercus rotundifolia*): *Pyro bourgaeanae-Querceto rotundifoliae* S. Faciación termófila silicícola mariánico-monchiquense con *Pistacia lentiscus*.

Este monte se repobló en 1963 fundamentalmente con *Pinus pinaster* y algo de *Pinus pinea* con la finalidad de reducir los problemas erosivos de la cuenca del río Bembézar. Aunque ha sido ordenado, la ausencia de cortas ha hecho que la masa crezca en competencia manteniendo las densidades iniciales de la repoblación y un alto coeficiente de esbeltez.

El proyecto demostrativo para el aprovechamiento de biomasa de Andalucía ha desarrollado actuaciones en una parcela de esta agrupación de montes incluida en el cuartel D (cantones 33 y 34). Las actuaciones han sido la medición de los procesos derivados del aprovechamiento de este monte, concedido por la Consejería de Medio Ambiente a una empresa forestal privada. Este aprovechamiento ha consistido en una corta a hecho sobre la masa de *Pinus pinaster* para realizar una sustitución de especies y un clareo sucesivo sobre *Pinus pinea*.

Los trabajos de este proyecto demostrativo en el Monte Caballeras han sido el seguimiento, control de tiempos y rendimientos de la ejecución del aprovechamiento por la empresa adjudicataria, sin afectar a la organización del trabajo de la misma.

El terreno donde se ha efectuado el seguimiento de tiempos tiene una superficie de 10,98 ha, pendiente media del 45%, orientación N-NE, aterrazado y sin afloramientos rocosos significativos.

Al ejecutarse el aprovechamiento principalmente sobre *Pinus pinaster* la mayor parte de los datos (que se han tratado de manera diferenciada) han sido obtenidos sobre esta corta, no recogiendo datos significativos sobre el clareo de *Pinus pinea*.

Tabla 16. Caracterización de la parcela. Monte Caballeras

MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	PENDIENTE (%)	ORIENTACIÓN	ATERRAZADO	OBSERVACIONES
Caballeras	01_Caballeras	10,98	*Pinus pinaster y Pinus pinea*	45	N-NE	Si	Afloramientos rocosos poco significativos

Fuente. Elaboración propia

5.1.2. Metodología: Procedimientos

La toma de datos ha sido realizada desde el mes de octubre de 2010 a junio de 2011. Por un lado, se ha caracterizado la masa mediante la realización de un inventario previo, el apeo de árboles tipo y la medición de valores modulares. Por otro lado, se ha realizado el control de tiempos del desarrollo de los trabajos mediante cronometraje continuo. Asimismo se ha contado con una báscula portátil que ha permitido el pesaje de los camiones y del autocargardor. La ejecución del aprovechamiento ha estado condicionada por la elevada pendiente que ha limitado el tránsito de maquinaria, apoyándose ésta en fajas cortafuegos y vías de saca.

5.1.2.1. Apeo

5.1.2.1.1. Apeo manual

La apertura de calles ha sido realizada por línea de máxima pendiente y el apeo ha sido manual con motosierra. Este apeo ha sido realizado durante el otoño y al ritmo de la reunión en la vía de saca por los tractores.

5.1.2.1.2. Apeo mecanizado

Puntualmente, cuando el terreno lo ha permitido, se ha realizado apeo mecanizado con una máquina giratoria (JCB 210J) dotada con cabezal procesador. Esta máquina, además de realizar el apeo, separa las trozas maderables del resto del árbol destinado a trituración. Sólo ha sido posible realizar apeo mecanizado en un pequeño rodal.

5.1.2.2. Desembosque

El desembosque se ha realizado en dos fases. En la primera se ha procedido a la reunión de árbol entero en las vías de saca mediante arrastre por curvas de nivel (siguiendo las terrazas). Esta reunión se ha realizado con el tractor oruga con cable (NEW HOLLAND 8285) y el tractor oruga con cable (FIAT 80-65). El skidder con cable (TIMBERJACK TB 240 b) no ha podido arrastrar la carga por falta de adherencia, utilizándose solamente para tirar con cable de aquellos árboles que los tractores oruga no podían sacar por la elevada pendiente.

Una vez situados los árboles en la vía de saca, la procesadora se desplazaba por la línea de máxima pendiente y separaba las trozas maderables del resto del árbol formando dos cordones independientes a lo largo de la calle.

A continuación, como segunda fase de desembosque, el autocargador doble eje (VALMET 860) desemboscaba las trozas maderables y las copas o restos de árbol destinados a biomasa a una faja cortafuegos transitable dando lugar a pilas diferenciadas. La altura media de la pila de copas fue de 2,5 metros.

5.1.2.3. Astillado y transporte intermedio de astilla

El astillado se ha llevado a cabo durante la primavera con la astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (JENZ HEM651DQ) habiéndose obtenido una astilla bastante homogénea en tamaño, con moderada presencia de acículas enteras y ausencia de ramilletes enteros. Esto se debe a que la mesa de entrada y el rodillo compresor han permitido procesar todo tipo de pies, incluso bifurcados, torcidos y pies gruesos sin limitación y sin dejar restos.

La astilladora, situada siempre en cargadero, es alimentada y arrastrada por una máquina giratoria. Vierte directamente sobre camión doble carro que, por la imposibilidad de acceso de los camiones tráiler a la faja cortafuegos debido a la pendiente y al radio de giro de algunos tramos, realiza el transporte a un parque intermedio de astilla situado en el mismo monte, desde donde se realiza el transporte final a planta. Este transporte intermedio (de la pista a cargadero) ha sido realizado por dos camiones doble carro (PEGASO 300 y MERCEDES Actros 420) que se relevaban para minimizar el tiempo de parada de la astilladora.

La última actividad del aprovechamiento es la carga del camión tráiler para transportar la astilla desde cargadero a la planta consumidora. Para su carga se utiliza la máquina giratoria (JCB 210J) dotada con cazo, que se sitúa encima del montón de astilla. Junto al proceso de carga esta máquina realiza una remoción del montón de astilla con el objeto de la aireación y pérdida de humedad de la misma.

Tabla 17. Resumen de actuaciones. Monte Caballeras

PARCELA	METODOLOGÍA	CORTA	EXTRACCIÓN DE RESIDUOS	ASTILLADO
01_Caballeras	Metodología 1	Manual	Desembosque árbol completo a vía de saca mediante arrastre con los tractores oruga con cable o cableado mediante skidder con cable. Una vez en la vía de saca, procesado mediante máquina giratoria. Transporte a cargadero (parque de astillado) de trozas y copas con el autocargador doble eje y transporte de astilla a parque de intermedio mediante camiones doble carro	Astillado de copas en parque de astillado con astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada
	Metodología 2	Mecanizada con Giratoria	Desembosque de copas y trozas a cargadero (parque de astillado) con el autocargador doble eje y transporte de astilla a parque intermedio mediante camiones doble carro	Astillado de copas en parque de astillado con astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada

Fuente. Elaboración propia



5.1.3. Resultados

5.1.3.1. Actualización de los datos de inventario

En la **Tabla 18** se muestra la densidad inicial (pies/ha) y el número de pies presentes en la parcela según los datos del inventario realizado antes del comienzo de los trabajos del demostrativo.

Tabla 18. Datos previos de Inventario. Monte Caballeras

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)	Dn MEDIO (cm)	PIES TOTALES
Córdoba	Caballeras	01_Caballeras	10,98	963	22,80	10.573

Fuente. Elaboración propia

5.1.3.2. Obtención de valores modulares

En las **Figuras 8, 9 y 10** se muestra el modelo final de regresión obtenido a partir del peso de los árboles apeados que relaciona el peso seco (kg) de cada fracción de biomasa con el diámetro normal (cm) para la especie *Pinus pinaster* y en las **Figuras 11, 12 y 13** las correspondientes regresiones para la especie *Pinus pinea.*

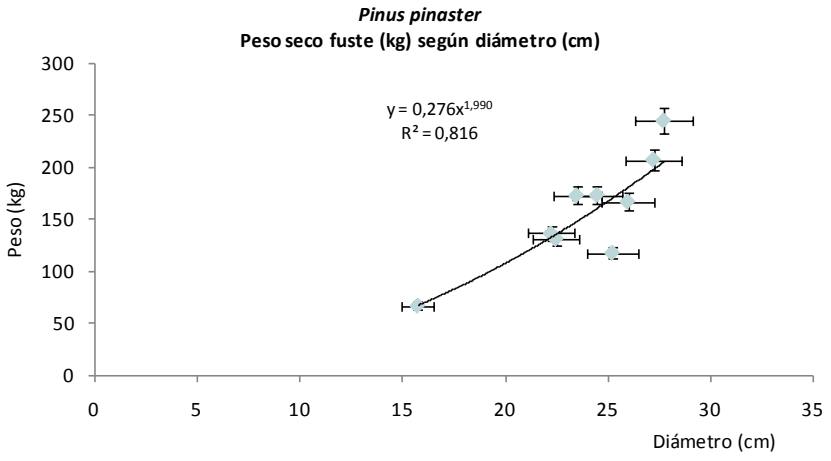


Figura 8. Relación entre el peso seco de fuste kg) y diámetro normal (cm). n = 9

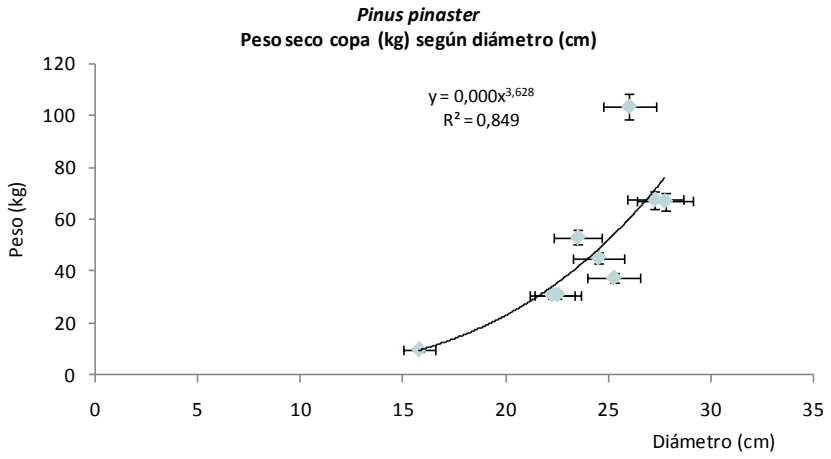


Figura 9. Relación entre el peso seco de copa (kg) y diámetro normal (cm). n = 9

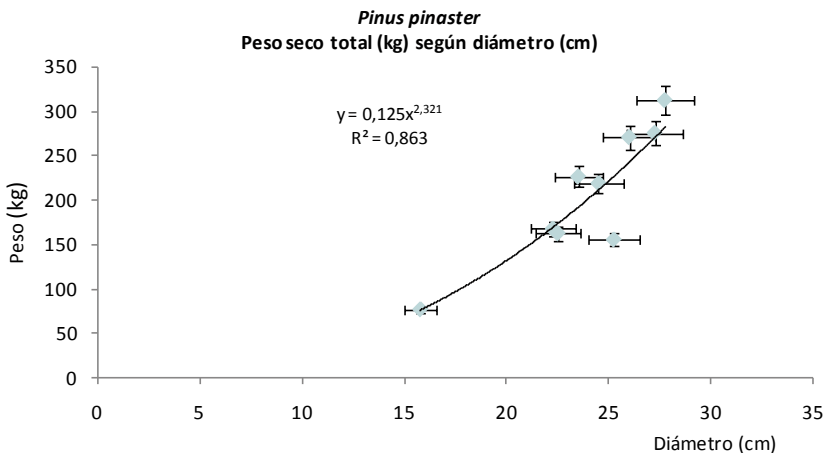


Figura 10. Relación entre el peso seco total (kg) y diámetro normal (cm). n = 9

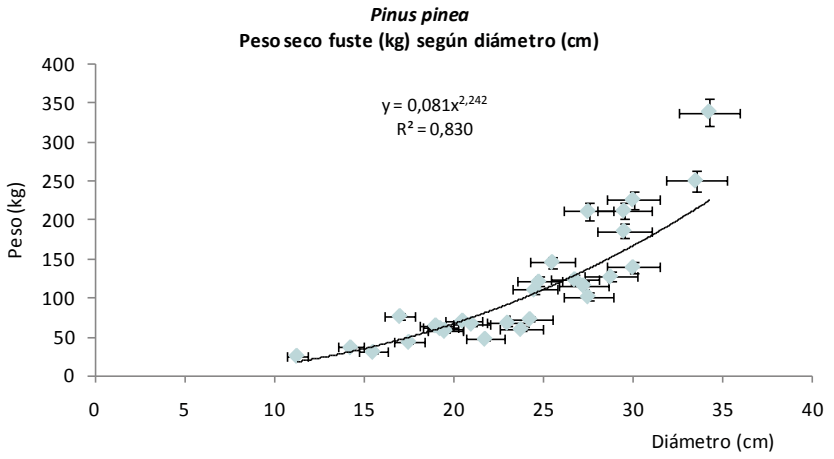


Figura 11. Relación entre el peso seco de fuste (kg) y diámetro normal (cm). n = 29

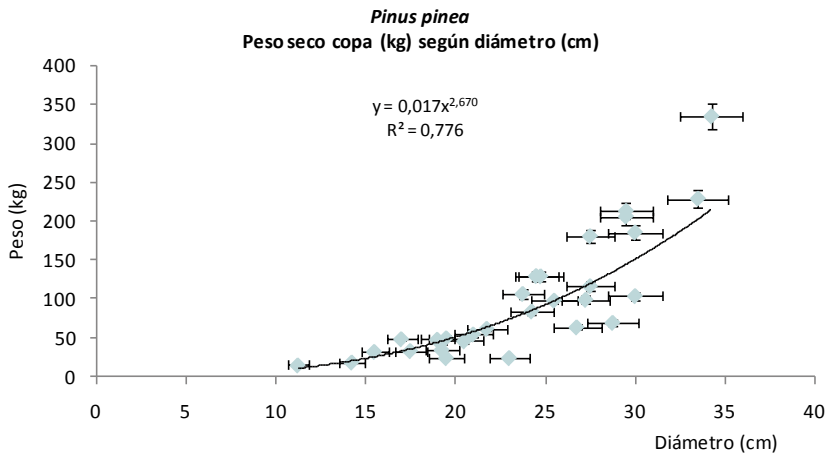


Figura 12. Relación entre el peso seco de copa (kg) y diámetro normal (cm). n = 29

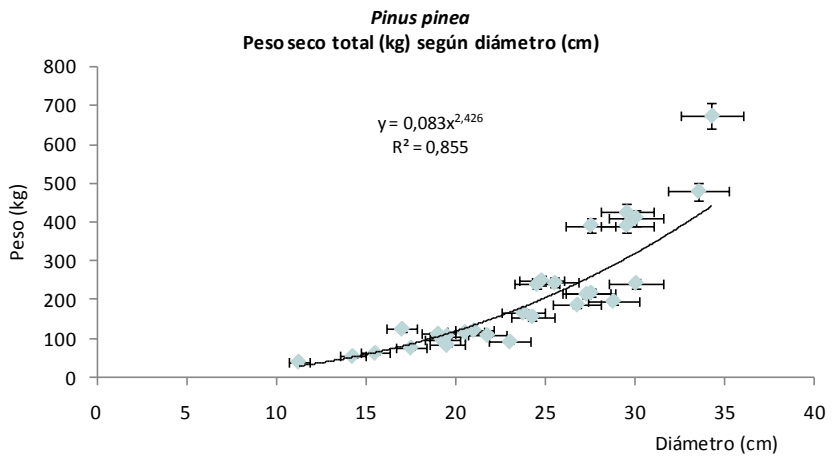


Figura 13. Relación entre el peso seco total (kg) y diámetro normal (cm). n = 29

Para que todos los resultados obtenidos puedan ser comparables, estos pesos secos están referidos a un porcentaje del 30% de humedad. En las **Tablas 19 y 20** se incluyen los valores modulares obtenidos para las distintas clases diamétricas a partir de los datos originales anteriores.

Tabla 19. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica para *Pinus pinaster*

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	8,8	0,2	6,9
2	7,5-12,5	35,2	2,2	34,3
3	12,5-17,5	78,8	9,6	88,0
4	17,5-22,5	139,8	27,3	171,5
5	22,5-27,5	217,9	61,4	288,0
6	27,5-32,5	313,3	118,9	439,7
7	32,5-37,5	425,8	208,1	629,0

Fuente. Elaboración propia

Tabla 20. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica para *Pinus pinea*

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	3,9	1,6	5,4
2	7,5-12,5	18,6	10,4	29,1
3	12,5-17,5	46,1	30,7	77,8
4	17,5-22,5	87,8	66,3	156,4
5	22,5-27,5	144,8	120,2	268,7
6	27,5-32,5	217,9	195,6	418,2
7	32,5-37,5	307,9	295,3	607,8

Fuente. Elaboración propia

5.1.3.3. Criterio de corta y señalamiento

No ha sido preciso realizar señalamiento puesto que la corta se realiza sobre el 100% de los pies. Los productos del aprovechamiento han sido trozas maderables (diámetro superior a 16 cm y longitud de troza de 2,5 metros) destinadas a aserrío; el resto de la parte aérea se ha destinado a trituración para biomasa con fines energéticos. Se ha obtenido una media de 0,85 trozas maderables por pie, con un peso medio seco de 58,2 kg por troza y 113,9 kg el resto de parte aérea.

Tabla 21. Datos de corta. Monte Caballeras

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)		% CORTA	PESO EXTRAÍDO	
				INICIAL	FINAL		(kg/pie)*	(t/ha)
Córdoba	Caballeras	1_Caballeras	10,98	963	0	100	223,7	215,5

Fuente. Elaboración propia

*peso al 30% de humedad

5.1.3.4. Distribución de tiempos de la maquinaria

Se ha calculado el tiempo que invierte cada máquina en los procesos en los que interviene con la finalidad de obtener el tiempo operativo y el porcentaje que dedica a cada operación.

Tabla 22. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Caballeras

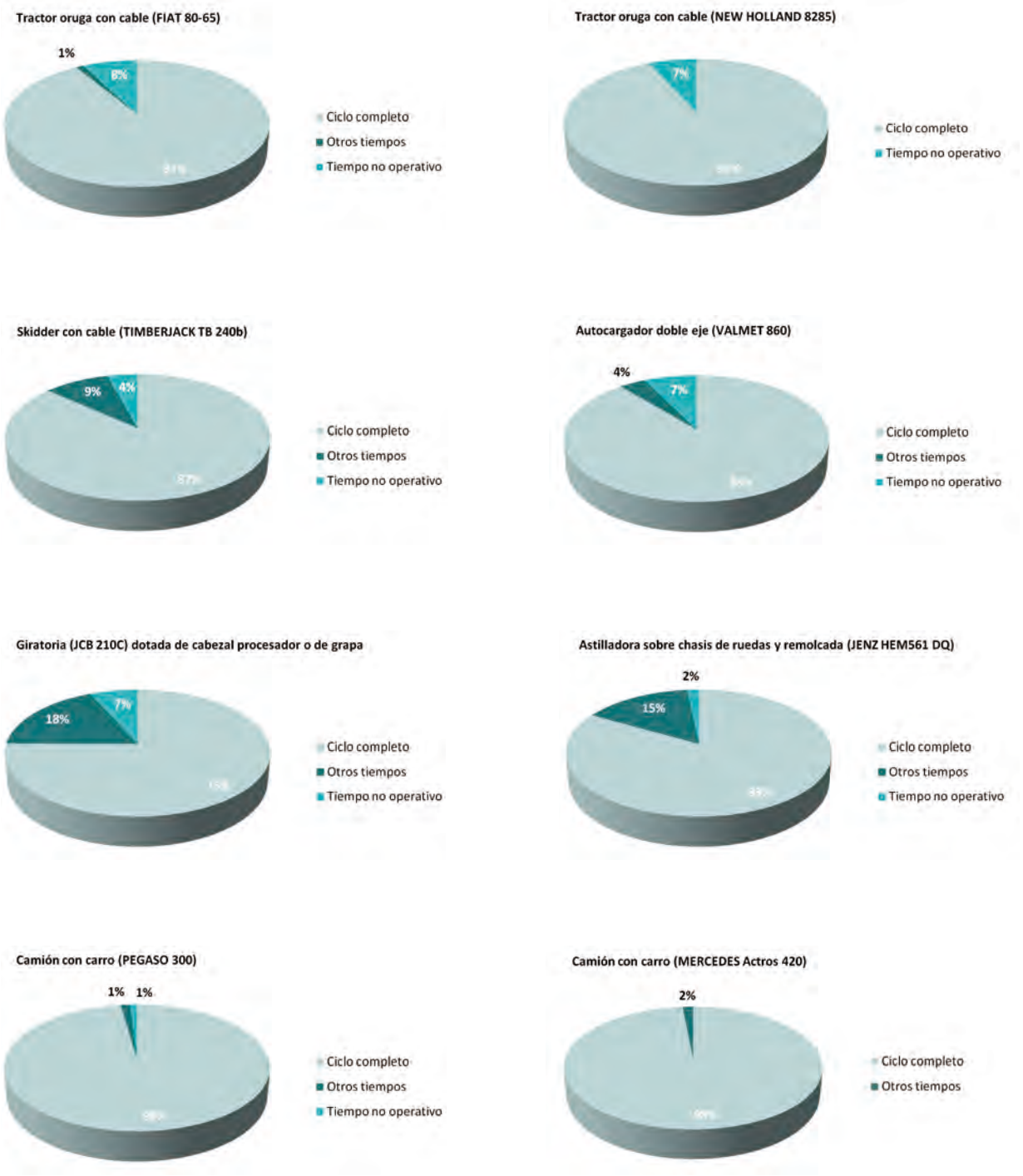
PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
01_Caballeras	Tractor oruga con cable (FIAT 80-65)	103	**Ciclo completo**	**10,5**	**91**
			Otros tiempos	**0,2**	**1**
			Tiempo no operativo	**0,9**	**8**
			Total	**11,5**	**100**
	Tractor Oruga con cable (NEW HOLLAND 8285)	111	**Ciclo completo**	**10,4**	**93**
			Tiempo no operativo	**0,8**	**7**
			Total	**11,1**	**100**
	Skidder con cable (TIMBERJACK TB 240 b)	105	**Ciclo completo**	**11,8**	**87**
			Otros tiempos	**1,3**	**9**
			Tiempo no operativo	**0,6**	**4**
			Total	**13,7**	**100**
	Autocargador doble eje (VALMET 860)	315	**Ciclo completo**	**55,5**	**89**
			Otros tiempos	**2,3**	**4**
			Tiempo no operativo	**4,6**	**7**
			Total	**62,3**	**100**
	Giratoria (JCB 210C) dotada de cabezal procesador o de grapa	56	**Ciclo completo**	**32,4**	**75**
			Otros tiempos	**7,8**	**18**
			Tiempo no operativo	**2,9**	**7**
			Total	**43,1**	**100**
	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (JENZ HEM561 DQ)	192	**Ciclo completo**	**57,7**	**83**
			Otros tiempos	**10,9**	**15**
			Tiempo no operativo	**1,2**	**2**
			Total	**69,7**	**100**
	Camión con carro (PEGASO 300)	238	**Ciclo completo**	**64,3**	**98**
			Otros tiempos	**0,8**	**1**
			Tiempo no operativo	**0,3**	**1**
			Total	**65,4**	**100**
	Camión con carro (MERCEDES Actros 420)	203	**Ciclo completo**	**62,6**	**98**
			Otros tiempos	**1,0**	**2**
			Tiempo no operativo	**0,2**	**0**
			Total	**63,8**	**100**

Fuente. Elaboración propia

Destacan los elevados porcentajes en el concepto “Otros tiempos” para el trabajo de la procesadora y de la astilladora.

En el caso de la procesadora, esto se debe a que el ritmo del procesado es superior al rendimiento con el que los tractores y el skidder han ido sacando los árboles enteros a la vía de saca.

Para la astilladora, estos tiempos se deben al acondicionamiento de la zona de trabajo y al lento desplazamiento de un tajo a otro al tener que ser remolcada por el autocargador o la procesadora.



Figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21. Gráficos de distribución de tiempos. Monte Caballeras

5.1.3.5. Apeo

Como se ha comentado con anterioridad, el apeo se ha realizado casi en su totalidad de manera manual con motosierra. La elevada pendiente ha impedido realizar un apeo mecanizado. Este apeo manual se ha realizado al ritmo de la reunión en la vía de saca por los tractores.

Solo en un pequeño rodal se ha realizado apeo mecanizado con la máquina giratoria (JBC 210J) dotada con cabezal procesador.

En la **Tabla 23** se presentan los resultados de los rendimientos horarios (medio, mínimo y máximo) y los costes asociados a cada tipo de apeo. Se incluye también el procesado que se realiza una vez que los pies han sido desemboscados a la vía de saca.

Tabla 23. Datos de apeo. Monte Caballeras

METODOLOGÍA	OPERACIÓN	MAQUINARIA	TIEMPO (h)	Nº PIES	RENDIMIENTO (t/h)			COSTE MEDIO	
					MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
Metodología 1	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	32,0	926	6,8	4,8	13,9	766	3
	Procesado en vía de saca	Giratoria (JCB 210C) dotada de cabezal procesador o de grapa	24,1	2.026	19,7	7,7	47,7	1.329	6
Metodología 2	Apeo y procesado	Giratoria (JCB 210C) dotada de cabezal procesador o de grapa	5,2	260	11,7	9,4	14,9	2.245	10

Fuente. Elaboración propia

A la vista de la tabla se observa que en la metodología 1 el número de pies procesados es mayor que el de pies apeados. Esta aparente incoherencia se debe a que ha resultado imposible realizar simultáneamente el seguimiento del tiempo empleado en realizar cada una de las operaciones, es decir, se han registrado las labores de apeo y las tareas de procesado en dos lotes consecutivos, ante la necesidad de adaptarse a una organización externa de trabajo y tiempo.

Los distintos procedimientos de apeo no son comparables, puesto que se ven influenciados por operaciones intermedias. En la metodología 1, el apeo y desrame lo realiza un operario. El árbol completo es arrastrado hasta la vía de saca con un tractor o skidder y una vez allí, se realiza el tronzado. Por otro lado, en la metodología 2, el apeo y procesado es mecanizado, en tanto que el desembosque es realizado por el autocargador, debiéndose tener en cuenta que todas las trozas y copas se encuentran dispersas por el monte, encareciéndose por tanto la operación. Por tanto, se debe considerar el coste del proceso completo (**Tabla 27**).

Se puede observar cómo el coste del apeo manual ha sido en este caso inferior al del apeo mecanizado, aunque hay que tener en cuenta que en el apeo mecanizado también se realiza el procesado separando trozas maderables y resto del árbol.

5.1.3.6. Desembosque

En la **Tabla 24** se presentan los resultados de distancias medias recorridas por la maquinaria, el rendimiento obtenido (medio, mínimo y máximo) y el coste medio por hectárea y tonelada, así como la pendiente media de trabajo en los trabajos de desembosque y de reunión.

Tabla 24. Resultados de los datos de desembosque y reunión. Monte Caballeras

METODOLOGÍA	OPERACIÓN	MAQUINARIA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO (t/h)			COSTE MEDIO	
					MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
Metodología 1	Reunión	Tractor oruga con cable (FIAT 80-65)	64	0-30	6,9	3,5	16,8	2.083	9
		Tractor oruga con cable (NEW HOLLAND 8285)	100	0-30	5,8	2,1	11,2	2.472	11
		Skidder con cable (TIMBERJACK TB 240 b)	con cable	>50	8,6	6,2	18,7	2.191	10
	Desembosque	Autocargador doble eje (VALMET 860)_ copas	661	30-50	14,6	9,6	22,2	1.488	7
		Autocargador doble eje (VALMET 860)_ trozas	528	30-50	9,6	8,3	12,3	2.262	10
		Autocargador doble eje (VALMET 860)_ copas+trozas	653	30-50	16,5	10,3	25,1	1.320	6
Metodología 2	Desembosque	Autocargador doble eje (VALMET 860)_ copas	250	30-50	16,3	13,1	23,9	1.335	6
		Autocargador doble eje (VALMET 860)_ trozas	410	30-50	5,4	5,4	5,4	4.036	18
		Autocargador doble eje (VALMET 860)_ copas+trozas	256	30-50	11,9	8,2	17,0	1.834	8

Fuente. Elaboración propia

Como puede observarse, para la reunión en la vía de saca, la cual ha estado muy influenciada por la distancia de desembosque, el coste (€) ha sido similar para los tractores que para el skidder, que por la elevada pendiente sólo podía tirar con cable.

Respecto al desembosque con autocargador, los costes (€) han sido menores cuando se ha simultaneado la carga de trozas (en la parte inferior de la caja) con las copas (encima de las trozas) ya que permite transportar más peso. El mayor coste, en ambas metodologías, se obtiene para la carga "sólo trozas" por el mayor tiempo dedicado a las operaciones de carga y descarga, y tener menor densidad lineal de trozas en la vía de saca necesitando realizar un mayor número de movimientos para la carga.

Por otro lado, el elevado coste en el desembosque de trozas en la metodología 2 se debe a que estas no quedaban apiladas necesitándose un mayor recorrido y operaciones de carga para completar la capacidad del autocargador. Por el mismo motivo, el coste del desembosque de copas más trozas es superior en el método 2. Hay que recordar que se han obtenido 0,85 trozas maderables/pie.

A partir de los datos recogidos se desprenden las ecuaciones de regresión y gráficos de tendencia que aparecen en las siguientes figuras. Debido al bajo número de ciclos en la metodología 2 no han podido relacionarse los rendimientos en función de la distancia, por lo que todas las figuras que a continuación se muestran se refieren a la metodología 1. Como se puede observar, en todos los casos el rendimiento decrece notablemente en función de la distancia de transporte.

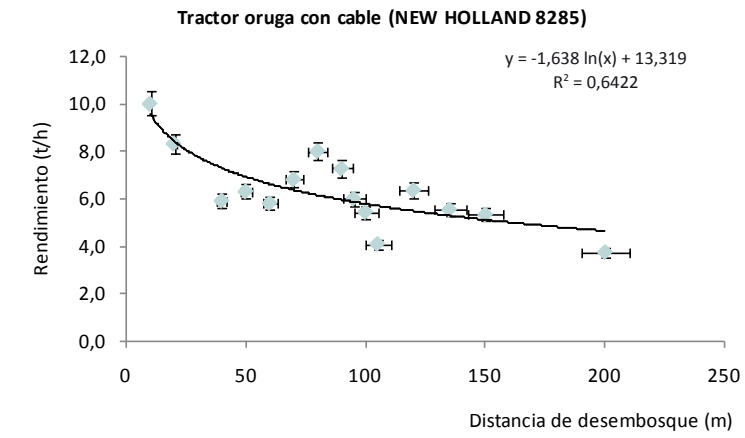


Figura 22. Gráfico de dispersión metodología 1. n = 15

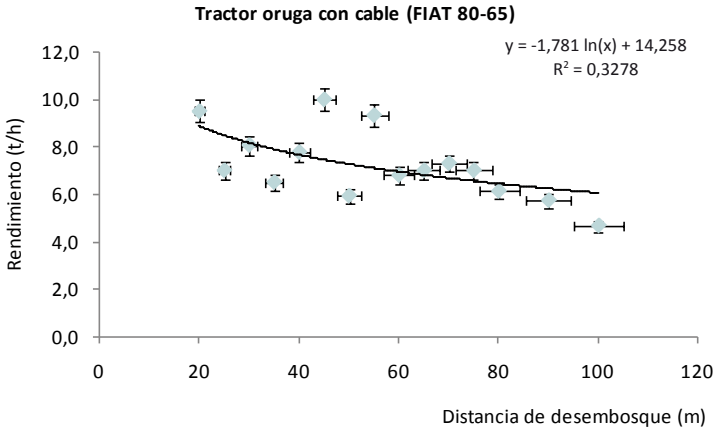


Figura 23. Gráfica de tendencia metodología 1. n = 15

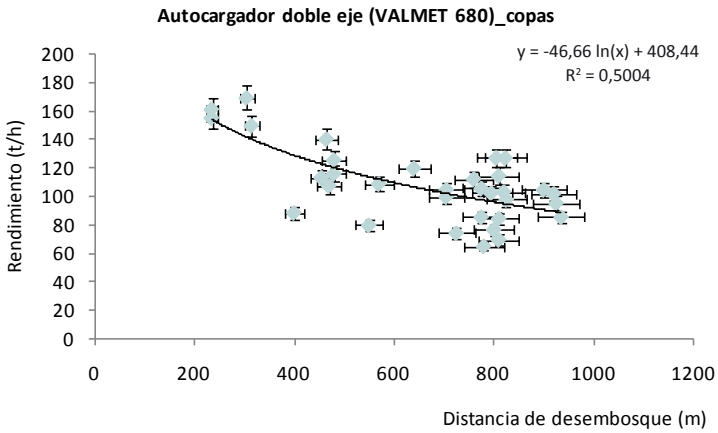


Figura 24. Gráfico de dispersión metodología 1. n = 33

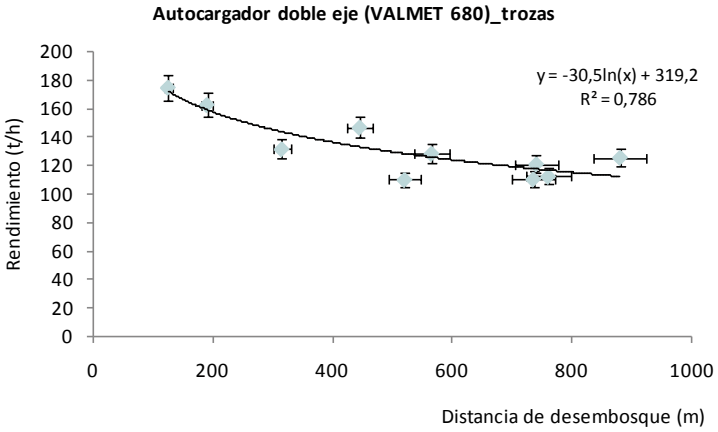


Figura 25. Gráfico de dispersión metodología 1. n = 10

5.1.3.7. Astillado

En la **Tabla 25** se presentan los resultados obtenidos para el astillado, mientras que en la **Tabla 26** se detallan los correspondientes al transporte de astilla a parque intermedio.

Tabla 25. Resultado de los datos de astillado. Monte Caballeras

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (copas/h)			RENDIMIENTO (t/h)			COSTE MEDIO	
		MED	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
1_Caballeras	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (JENZ HEM651DQ)+ Giratoria (JCB 210C) dotada de cabezal procesador o de grapa	180	50	420	26,7	7,5	62,2	980	4

Fuente. Elaboración propia

Tabla 26. Resultados del transporte de astilla. Monte Caballeras

PARCELA	MAQUINARIA	DISTANCIA (m)	RENDIMIENTO estéreos/h			RENDIMIENTO t/h			COSTE MEDIO	
			MED	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
01_ Caballeras	Camión doble carro (PEGASO 300)	2.714	23,6	18,8	28,6	7,7	6,1	9,3	1.907	8
	Camión doble carro (MERCEDES Actros 420)	2.723	30,1	18,9	44,0	9,8	6,2	14,3	1.494	7

Fuente. Elaboración propia

Se observa que dado que el camión Mercedes tiene mayor capacidad de transporte, se abaratan los costes del transporte intermedio.



5.1.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos

En la **Tabla 27** se presenta un resumen de todos los datos expuestos con anterioridad sintetizandos para cada uno de los procedimientos.

Tabla 27. Rendimiento (t/h) y costes de extracción aprovechamiento biomasa forestal. Monte Caballeras

MÉTODOLOGÍA	OPERACIÓN	MÉTODO	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)		
Metodología 1	Apeo	AC	Motosierra (STIHL 026)	6,8	3	3	30
	Reunión	AC	Tractor oruga con cable (FIAT 80-65)	6,9	9	9	
			Tractor Oruga con cable (NEW HOLLAND 8285)	5,8	11		
			Skidder con cable (TIMBERJACK TB 240 b)	8,6	10		
	Procesado	AC	Giratoria (JCB 210C) dotada de cabezal procesador o de grapa	19,7	6	6	
	Desembosque	F+C	Autocargador doble eje (VALMET 860)_ copas	14,6	7	7	
			Autocargador doble eje (VALMET 860)_ trozas	9,6	10		
			Autocargador doble eje (VALMET 860)_ copas+trozas	16,5	6		
	Astillado	C	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (JENZ HEM651DQ)+ Giratoria (JCB 210C) dotada de cabezal procesador o de grapa	26,7	4	4	
Metodología 2	Apeo y procesado	AC	Giratoria (JCB 210C) dotada de cabezal procesador o de grapa	11,7	10	10	24
	Desembosque	F+C	Autocargador doble eje (VALMET 860)_ copas	16,3	6	10	
			Autocargador doble eje (VALMET 860)_ trozas	5,4	18		
			Autocargador doble eje (VALMET 860)_ copas+trozas	11,9	8		
	Astillado	C	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (JENZ HEM651DQ)+ Giratoria (JCB 210C) dotada de cabezal procesador o de grapa	26,7	4	4	

Fuente. Elaboración propia

***AC**: Árbol completo **FC**: Fuste + Copa **C**: Copa*

Para llegar a estos costes unitarios, en los casos en los que se haya utilizado distinta maquinaria para una misma operación se ha tomado el valor más favorable. En el caso de una misma máquina que desembosca distinto tipo de material (copas, trozas o copas y trozas), se ha tomado como coste unitario un promedio de los costes medios de desembosque de cada tipo de material ponderado con los ciclos de trabajo llevados a cabo en cada uno de ellos.

A estos costes habría que añadirle el transporte a parque intermedio y final a planta, así como tener en cuenta que los rendimientos tomados han sido siempre en base al tiempo de trabajo efectivo, siendo muy importante en la organización de la maquinaria el que estén convenientemente dimensionados los rendimientos de las diferentes máquinas con objeto de minimizar los tiempos muertos.

En cualquier caso, destacan los menores costes del rodal en donde se ha podido realizar el apeo mecanizado, ya que para la reunión y desembosque no se ha precisado el trabajo de los tractores al poder recorrer toda la zona de trabajo el autocargador.

Durante el procesado del material se produce una importante variación en el contenido de humedad. Así, se ha pasado de un 51% de humedad en el árbol en pie, al 37% de los pies astillados tras 5 meses desde la corta, hasta un porcentaje final del 29% en la astilla destinada a planta.

5.2. Huelva: Baldíos de Almonaster

5.2.1. Localización: Área de actuación

El monte "Baldíos de Almonaster, (HU-30001-AY)" se encuentra en los términos municipales de Almonaster la Real y Cortegana, ambos pertenecientes a la provincia de Huelva. La extensión total del monte es de 5.007,77 ha, de las cuales 4.784,83 ha pertenecen al término de Almonaster la Real (95,55% de la superficie del monte) y el resto, 222,94 ha, a Cortegana (4,45% de la superficie del monte). Pertenece a los propios del Ayuntamiento de Almonaster la Real, figurando en el inventario de Bienes Municipales.



Figura 28. Croquis de situación

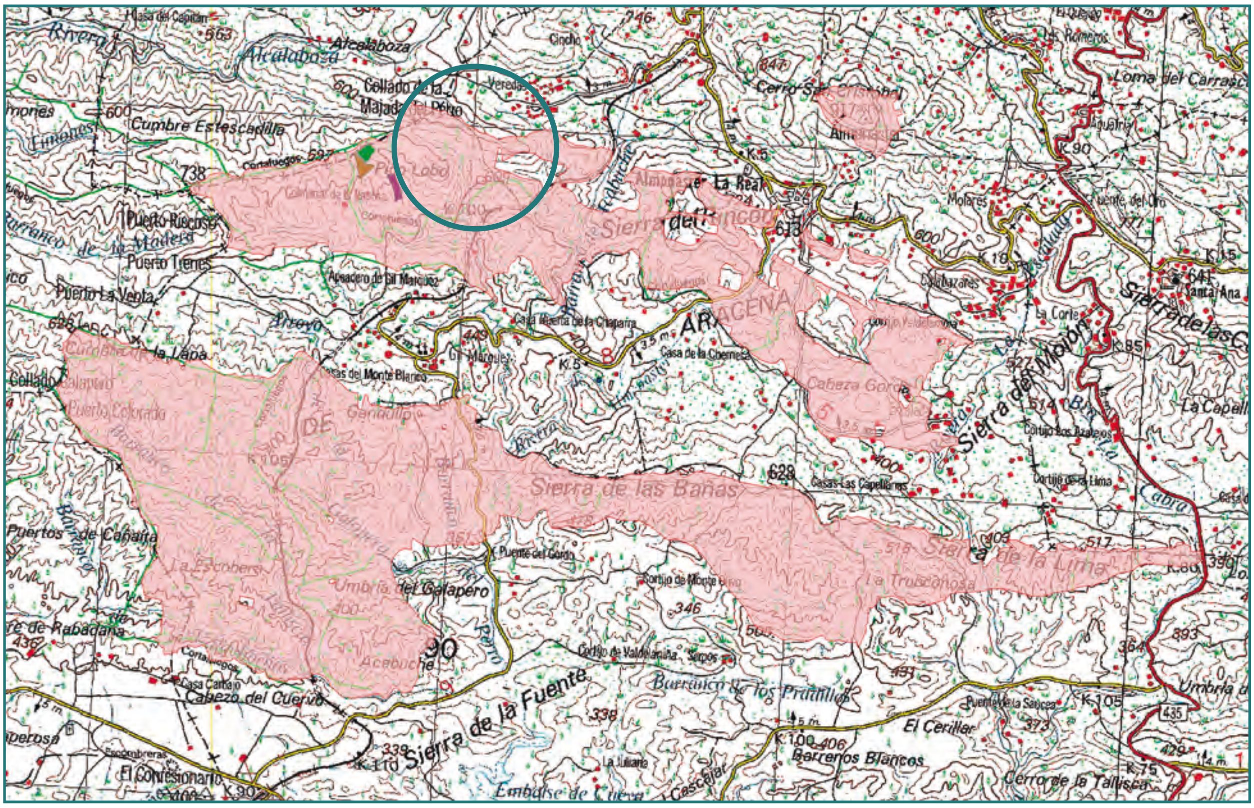


Figura 29. Monte Baldíos de Almonaster

Está situado en la vertiente suroccidental de la Sierra de Aracena, en una de sus alineaciones montañosas, lo que hace que su relieve sea accidentado, con pendientes elevadas y variables (la pendiente media es del 16%, con un 36% de la superficie del monte por encima del 35% de pendiente), cauces profundos y numerosos barrancos (se sitúa en la cuenca del río Odiel, siendo el principal curso de agua la rivera de Olivargas) y diferentes exposiciones. En conjunto, el monte desciende hacia el sur, en donde se dan las menores alturas. La altitud máxima presente en el monte es de 736,86 m en el Alto de la Caba, mientras que la mínima es de 250 m en la ribera de Olivargas. La altitud media es de 459 m.

El clima es Mediterráneo (piso mesomediterráneo) con una precipitación media anual de 1.109 mm (ombroclima subhúmedo) y una temperatura media anual de 17,9 ºC; no existe ningún mes con riesgo de helada segura. Los suelos son predominantemente inceptisoles en las áreas de perfil más atemperado, y entisoles, cuando la pendiente es mayor.

Biogeográficamente se sitúa en el subsector Araceno-Pacense, sector Marianico-Mochiquense, de la Provincia Luso-Extremadurense. La serie de vegetación dominante es la serie silicícola del alcornoque (Serie mesomediterránea luso-extremadurense y bética subhúmedo-húmeda de *Quercus suber* o alcornoque, (*Sanguisorbo agrimonioidi-Querceto suberis sigmetum*). En la zona central inferior le corresponde la seria teórica de la encina (Serie mesomediterránea luso-extremadurense silicícola de *Quercus rotundifolia* o encina (*Pyro bourgaeanae-Querceto rotundifoliae sigmetum*, faciación termófila mariánico-monchiquense con *Pistacia lenticus*). La vegetación presente en el monte está dominada por pinares coetáneos procedentes de repoblación (de pino piñonero en el 45,79% de la superficie y de pino negral o resinero en el 19,20%) y eucaliptares (33,19% de la superficie).

Este monte se encuentra gestionado por el "PLAN TÉCNICO DE ORDENACIÓN DEL MONTE BALDÍOS DE ALMONASTER, HU-30001-CCAY EN LA PROVINCIA DE HUELVA", aprobado en 2005 y con un periodo de vigencia de 10 años.

Se han establecido 3 parcelas demostrativas dentro de dos rodales representativos (**Figura 30**).

Los pinares de pino piñonero (*Pinus pinea)* adulto presentes en el monte son muy densos, por lo que los árboles son muy delgados y las copas se encuentran trabadas formando un tapiz continuo, siendo la respuesta de la masa a las claras muy lenta. La experiencia indica que en la primera clara, como promedio, el diámetro medio después de la misma suele ser entre un 15-20% superior al diámetro medio antes de la clara. En las claras sucesivas esta diferencia va disminuyendo, siendo del orden del 8-10% en la última clara. Estas claras deberán ser por lo bajo, para crear huecos que permitan la expansión de las copas y estimulen el crecimiento en diámetro del tronco, y graduales para que la masa sea capaz de formar una copa que produzca piña. Además, la alta densidad en la que se han desarrollado y la ausencia de tratamientos selvícolas han dado lugar a masas con un sistema radical muy pobre, por lo que cortas muy fuertes ocasionarían el derribo de los pinos en caso de vientos fuertes. En la zona de pino negral (*Pinus pinaster)* se ha establecido una tercera parcela en una zona de alta densidad. Se toma como referencia un régimen moderado de claras, ya que no hay que perder de vista el objetivo fundamental de estos montes, que es la protección frente a la erosión.

Las metodologías evaluadas se han ajustado a la forma de trabajo habitual de la zona, sin plantear alternativas para el uso de la maquinaria, contrastando los rendimientos asociados a la modalidad de saca de copas o de árbol completo como biomasa (astillas) y bajo qué condiciones.

El éxito de la obtención de productos forestales, bien sea madera, bien biomasa, está supeditado a la accesibilidad a los rodales objeto de tratamiento, a las distancias de saca y desembosque a los que hay que someter a los productos y a las posibilidades de acceso a maquinaria pesada o a elementos de transporte de dimensiones adecuadas. Es por ello que se han realizado una serie de actividades complementarias a la actuación previas a los trabajos, tales como el escarificado de pista y la poda de pies para facilitar el acceso de los vehículos, la reconstrucción de taludes y la corrección de jorros y vías de saca.

En la **Tabla 28** se exponen las características generales de las parcelas.

Tabla 28. Caracterización de las parcelas. Monte Baldíos de Almonaster

MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	PENDIENTE (%)	PEDREGOSIDAD (%)	BARRO (%)
Baldíos de Almonaster	1_Baldíos	4,2	*Pinus pinea*	50-100	30	35
	2_Baldíos	4,0	*P. pinea*	50-100	30	40
	3_Baldíos	3,7	*P. pinea/P. pinaster*	50-130	30	40

Fuente. Elaboración propia

A continuación se describen las parcelas donde se han efectuado los trabajos.

- ***Parcela 1_Baldíos:*** Parcela con una superficie de 4,2 ha. La pendiente se encuentra comprendida entre el 50% y el 100%. La pedregosidad es del 30% y durante la ejecución de los trabajos se ha encontrado que en torno a un 35% de la zona presentaba abundante barro. La distancia máxima a pista es de 200 metros. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de la pista de 150 metros. La presencia de encinas es significativa, sin embargo, las operaciones de apeo y desembosque pueden ser realizadas sin que se vean afectadas.

  La especie objeto del aprovechamiento ha sido el pino piñonero (*Pinus pinea)* con una morfología de la copa de tipo piramidal. De acuerdo con el Proyecto de Ordenación, la ***parcela 1*** cuenta con los siguientes valores dasométricos (compartidos con la ***parcela 2***): 1.582 pies/ha, con 737 pies/ha con diámetro inferior a 12 cm, 786 pies con diámetro entre 12,5 y 22,5 cm, y 59 pies entre 22,5 y 32,5 cm.

- ***Parcela 2_Baldíos:*** Superficie de 4,0 ha. La pendiente se encuentra comprendida entre el 50% y el 100%. La pedregosidad es del 30% y durante la ejecución de los trabajos se ha encontrado que en torno a un 40% de la zona presentaba abundante barro. La distancia máxima a pista es de 175 metros. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de la pista de 50 metros. Al igual que en la ***parcela 1***, la presencia de encinas es significativa; sin embargo, las operaciones de apeo y desembosque son perfectamente compatibles.

- ***Parcela 3_Baldíos:*** Superficie de 3,7 ha. La pendiente se encuentra comprendida entre el 50% y el 130%. La pedregosidad es del 30% y durante la ejecución de los trabajos se ha encontrado que en torno a un 40% de la zona presentaba abundante barro. La distancia máxima a pista es de 80 metros. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de la pista de 1.000 metros. La presencia de encinas es significativa; sin embargo, las operaciones de apeo y desembosque pueden ser realizadas sin que se vean afectadas.

  Las especies objeto del aprovechamiento son el *Pinus pinea* y *Pinus pinaster*. De acuerdo con el Proyecto de Ordenación, la ***parcela 3*** cuenta con los siguientes valores dasométricos: 1.181 pies/ha, con 433 pies/ha con diámetro inferior a 12 cm, 728 pies con diámetro entre 12,5 y 22,5 cm, y 20 pies entre 22,5 y 32,5 cm.

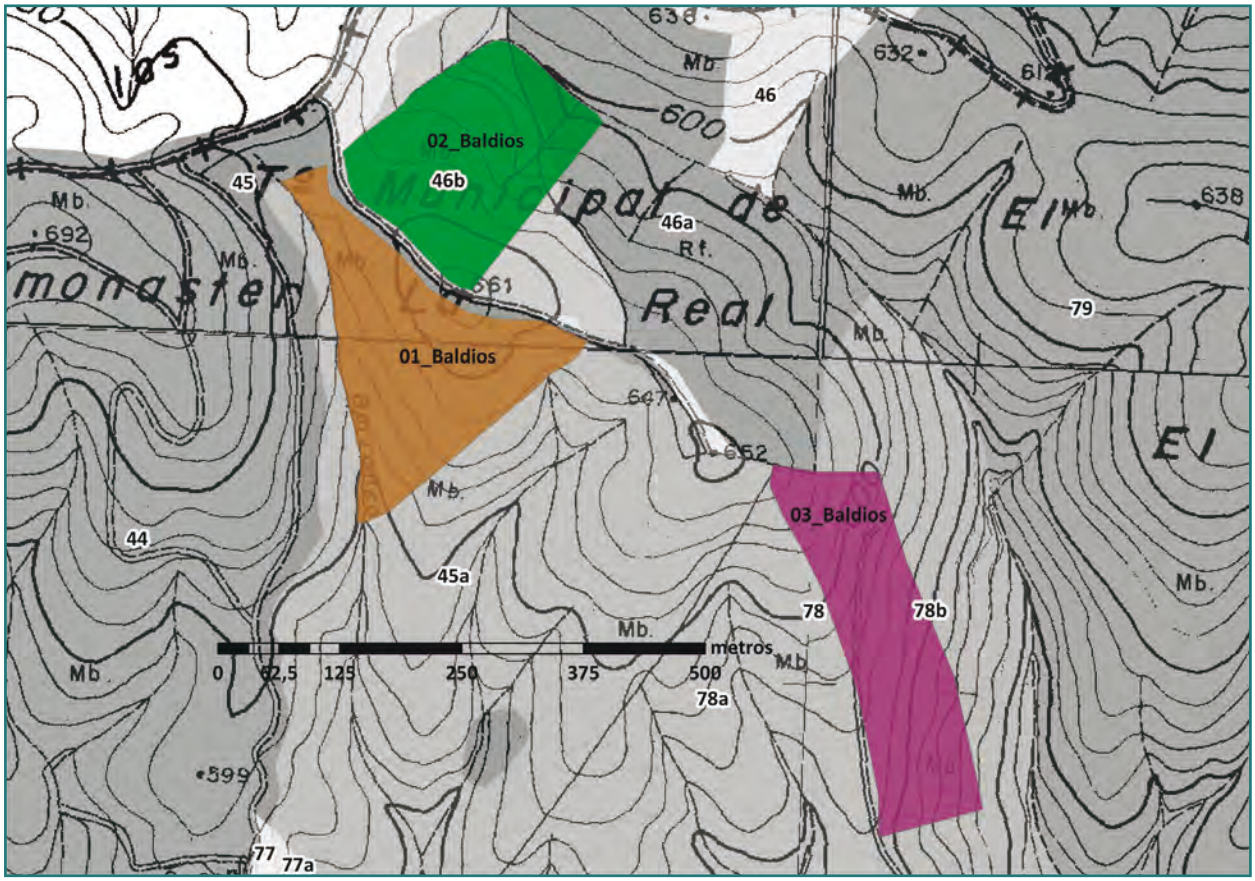


Figura 30. Plano de distribución de parcelas en el Monte Baldíos de Almonaster

Por último, indicar que otras actividades complementarias a la actuación pero posteriores a los trabajos han sido la reconstrucción de cauces y caminos alterados por el paso de la maquinaria pesada y la limpieza de cargaderos de ramas pequeñas no astillables.



5.2.2. Metodología: Procedimientos

5.2.2.1. Apeo

5.2.2.1.1. Apeo manual

En las tres parcelas el apeo ha sido con motosierra (STIHL 026) según señalamiento, con orientación hacia las calles de desembosque, ya existentes de clareos anteriores. Por el pequeño diámetro de cada pie se realiza corte sin entalladura.

En las ***parcelas 1*** y ***2*** existe una ligera desviación, en torno al 3%, entre los pies señalados y los pies apeados, siendo superior el número de estos últimos. Esto ha sido debido a que se han cortado los pies deteriorados en las distintas fases en las que ha trabajado la maquinaria interviniente en la parcela.

En el caso de la ***parcela 3*** se ha presentado una desviación significativa, en torno al 30%, entre los pies señalados y los pies apeados, siendo inferior el número de estos últimos. El motivo ha sido la imposibilidad de realizar las labores de desembosque en unas mínimas condiciones de seguridad ante la falta de adherencia por la elevada pendiente del terreno y por la plasticidad del material arcilloso del suelo.

5.2.2.2. Desembosque

En la ***parcela 1*** el desembosque se ha realizado en dos fases: desembosque a pista y desembosque a cargadero. La primera fase, consistente en la reunión de los pies y el desembosque de los mismos, se ha realizado con un skidder con cable (TECFORM 327) y (CATERPILLAR 518). Los trabajos comprendidos han sido el enganche de los pies, desembosque, desenganche de los pies en la pista de desembosque y posterior reunión con la pala del skidder.

Como vías de desembosque se usan las calles de saca ya existentes de clareos anteriores o calles de nueva apertura con motivo de la intervención en el pinar. Inicialmente se optó por desemboscar con un skidder de tamaño mediano, pero los requerimientos de adherencia por presencia de humedad en el terreno así como la pendiente, motivaron la sustitución del skidder con cable (JOHN DEERE 640E) por el skidder con cable (CATERPILLAR 518). Este último es de mayor tamaño, mayor potencia y con prestaciones más adecuadas a los trabajos de parcela.

En la segunda fase se ha empleado un autocargador de semichasis (KOCKUMS 84/35) que ha realizado la carga, transporte, descarga, apilado de los pies para facilitar el astillado y eliminación de los restos de piedras y tierra. En esta última fase se ha considerado el concurso de un motoserrista que de forma puntual, en los pies de mayores dimensiones, ha realizado un tronzado de fustes para facilitar la carga y desplazamiento del autocargador.

El desembosque en la ***parcela 2*** se ha visto condicionado por la proximidad de los cargaderos a la zona objeto de corta, con una distancia máxima de 50 metros, por lo que el transporte o desembosque intermedio, en su mayoría, se ha realizado con el mismo medio con el que se ha realizado el desembosque propiamente dicho. Se ha empleado el skidder con cable (CATERPILLAR 518) que realiza los trabajos de enganche de los pies, desembosque, desenganche de los pies en parque de astillado y reunión de pies con la pala del skidder. Como vías de desembosque se han usado las calles de saca ya existentes de clareos anteriores.

Ante la dificultad de poder separar qué parte del tiempo de trabajo del skidder es desembosque propiamente dicho y qué parte es desembosque o transporte intermedio, se presenta la fase de trabajo unificada conjuntamente con la aportación ocasional del autocargador de semichasis (KOCKUMS 84/35). Dadas las dimensiones de los pies desemboscados, en esta fase no fue precisa la realización de tronzado complementario, realizándose los cargaderos de pies enteros sin tronzar.

En la ***parcela 3*** se ha realizado el desembosque en dos fases; desembosque hasta pista y desembosque hasta cargadero. En la primera fase se ha utilizado un skidder con cable (CATERPILLAR 518), que ha realizado los trabajos de enganche de pies, desembosque, desenganche de los pies y reunión de pies con su pala hasta la pista de desembosque.

Como vías de desembosque se usan las calles de saca ya existentes de clareos anteriores o calles de nueva apertura en línea de máxima pendiente. Con frecuencia, y dada la elevada pendiente en la parte inferior de la parcela, se ha recurrido a la técnica de cableo, consistente en la extensión del cable de 20 a 40 metros.

La segunda fase es el transporte de los pies desemboscados desde la pista hasta el cargadero que actuará como parque de astillado. En esta parcela las distancias de desembosque o transporte intermedio han sido las mayores de todo el estudio, llegándose a recorrer distancias de hasta 1.000 metros.

Se ha realizado con un autocargador de semichasis (KOCKUMS 84/35) y camión pluma de triple tracción (VOLVO). No obstante, en su desarrollo inicial, por problemas de disponibilidad de los medios reseñados y ante el riesgo que suponía el no poder finalizar el desembosque intermedio por falta de adherencia debido a posibles precipitaciones, dicha operación se realizó con el skidder (CATERPILLAR 518), ya presente en la obra. Esta circunstancia ha supuesto priorizar la finalización de los trabajos respecto a la optimización del empleo de los medios de ejecución.

Los trabajos incluidos en esta fase han sido la carga, transporte, descarga, apilado de los pies para facilitar el posterior astillado y eliminación de los restos de piedras y tierra en los mismos.

Al igual que en la ***parcela 1***, se ha considerado el concurso de un motoserrista que de forma puntual, en los pies de mayores dimensiones, realiza un tronzado de fustes para facilitar la carga y desplazamiento del autocargador.

5.2.2.3. Astillado

En las tres parcelas se realiza el astillado con la astilladora (MORBARK), de 400 CV, alimentada por una retroexcavadora hidráulica con pinza (FIAT Hitachi FH200). El astillado se realiza directamente sobre el terreno de pies enteros al 30% y de pies tronzados al 70%.

La astilladora citada vierte la astilla directamente sobre el terreno en una pila, en espera de su posterior transporte. El resultado del astillado son montones de tamaño similar, conformados por una astilla heterogénea, con alta presencia de acículas y ramilletes enteros, ya que la prueba se realiza sin criba.

El procedimiento implica una fase posterior de la carga de la astilla a vehículo de transporte, operación que no sería necesaria practicar si la astilladora depositara la astilla generada directamente sobre la caja del vehículo, ya que la zona es accesible al tránsito de camiones.

Tabla 29. Resumen de actuaciones. Monte Baldíos de Almonaster

PARCELA	MÉTODO	CORTA	DESEMBOSQUE	ASTILLADO
1_Baldíos	1AC	Manual orientado hacia la calle con motosierra	Desembosque y apilado con skidder con cable de los pies enteros hasta pista. Desembosque hasta parque de astillado con autocargador.	Astilladora alimentada con retroexcavadora hidráulica con pinza.
2_Baldíos	2AC	Manual orientado hacia la calle con motosierra	Desembosque y apilado con skidder con cable de los pies enteros hasta cargadero.	Astilladora alimentada con retroexcavadora hidráulica con pinza.
3_Baldíos	3AC	Manual orientado hacia la calle con motosierra	Desembosque y apilado con skidder con cable de los pies enteros hasta pista. Desembosque hasta parque de astillado con skidder, autocargador y camión pluma.	Astilladora alimentada con retroexcavadora hidráulica con pinza.

Fuente. Elaboración propia

***AC**: Árbol completo **FC**: Fuste + copa*

5.2.3. Resultados

5.2.3.1. Actualización de los datos de inventario

En la **Tabla 30** se muestra la densidad inicial (pies/ha) y el número de pies presentes en cada parcela.

Tabla 30. Datos de Inventario, Monte Baldíos de Almonaster

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DENSIDAD (pies/ha)	Dn MEDIO (cm)	PIES TOTALES
Huelva	Baldíos de Almonaster	1_Baldíos	4,2	*Pinus pinea*	1.216	17,7	5.108
		2_Baldíos	4,0	*P. pinea*	1.326	17,6	5.304
		3_Baldíos	3,7	*P. pinea*	291	15,3	1.078
				P. pinaster	525	14,5	1.944

Fuente. Elaboración propia

5.2.3.2. Obtención de valores modulares

En las **Figuras 31, 32** y **33** se muestra el modelo final de regresión que relaciona el peso seco (kg) con el diámetro normal (cm) para el pino piñonero (*Pinus pinea*).

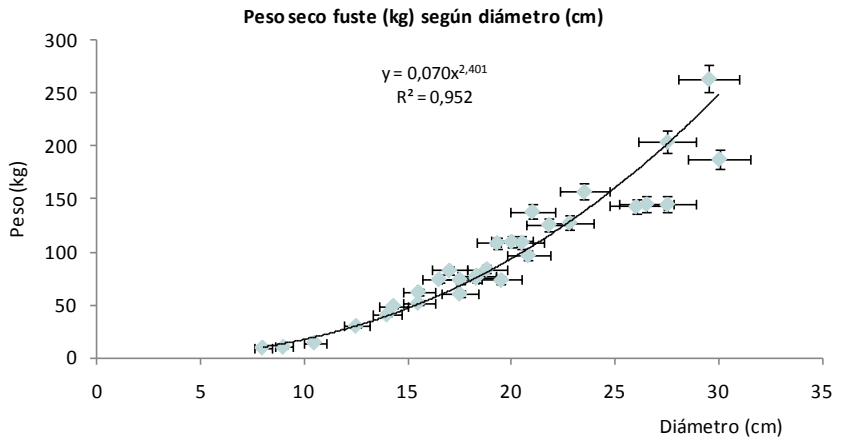


Figura 31. Relación entre el peso seco de fuste (kg) y diámetro normal (cm). n = 30

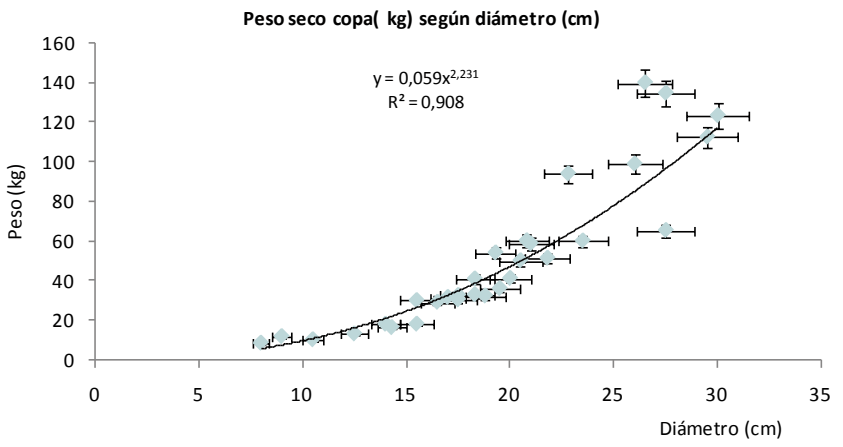


Figura 32. Relación entre el peso seco de copa (kg) y diámetro normal (cm). n = 30

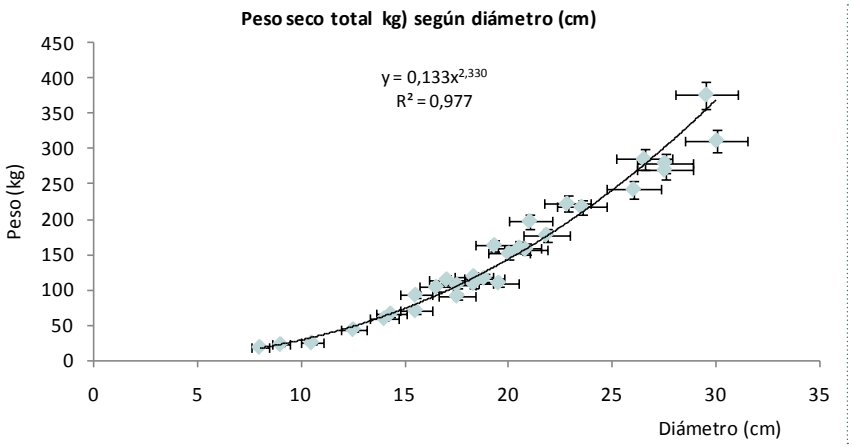


Figura 33. Relación entre el peso seco total (kg) y diámetro normal (cm). n = 30

Para que todos los resultados obtenidos puedan ser comparables, estos pesos secos están referidos a un porcentaje del 30% de humedad. Interesa indicar que los valores modulares para el pino piñonero (**Tabla 31**) están particularizados al monte "Baldíos de Almonaster", procedentes de las pesadas realizadas en el citado monte, mientras que los correspondientes al pino negral (**Tabla 32**) provienen del estudio "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles".

Tabla 31. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica. Valores modulares *Pinus pinea*

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	4,4	2,8	7,2
2	7,5-12,5	23,2	13,1	36,4
3	12,5-17,5	61,5	32,4	93,9
4	17,5-22,5	122,7	61,6	184,3
5	22,5-27,5	209,7	101,3	311,1
6	27,5-32,5	324,9	152,2	477,1
7	32,5-37,5	470,4	214,7	685,2
8	37,5-42,5	648,3	289,2	937,5
9	42,5-47,5	860,1	376,2	1.236,3
10	47,5-52,5	1.107,7	475,9	1.583,6

Fuente. Elaboración propia

Tabla 32. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica. Valores modulares *Pinus pinaster*

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	2,7	0,8	3,5
2	7,5-12,5	16,1	4,6	20,7
3	12,5-17,5	44,7	10,7	55,4
4	17,5-22,5	92,4	23,5	116,0
5	22,5-27,5	162,1	40,0	202,2
6	27,5-32,5	256,4	62,4	318,8
7	32,5-37,5	377,4	91,1	468,5
8	37,5-42,5	526,9	127,0	653,9
9	42,5-47,5	706,4	135,9	877,4
10	47,5-52,5	916,6	224,6	1141,3

Fuente. Montero, G. *et al.* (2006) "Producción de biomasa y fijación de $C0_2$ por los bosques españoles". INIA

5.2.3.3. Criterio de corta y señalamiento

En la **Tabla 33** se resume la densidad inicial y final de cada parcela, con su porcentaje de corta. A partir de este dato, y con la información procedente del señalamiento previo a los trabajos demostrativos, se ha obtenido una biomasa teórica extraída empleando el diámetro normal del árbol tipo de cada parcela demostrativa y los valores modulares.

Tabla 33. Datos de señalamiento. Monte Baldíos de Almonaster

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DENSIDAD (pies/ha)		% CORTA	PESO EXTRAÍDO[1]	
					INICIAL	FINAL		(kg/pie)	(t/ha)
Huelva	Baldíos de Almonaster	1_Baldíos	4,2	*Pinus pinea*	1.216	608	50	158,7	96,5
		2_Baldíos	4,0	*P. pinea*	1.326	663	50	153,8	102,0
		3_Baldíos	3,7	*P. pinea*	291	146	50	74,4	15,9
				P. pinaster	525	263	50	43,1	16,6

Fuente. Elaboración propia

[1]Peso (en kg con un 30% de humedad)

5.2.3.4. Distribución de tiempos de la maquinaria

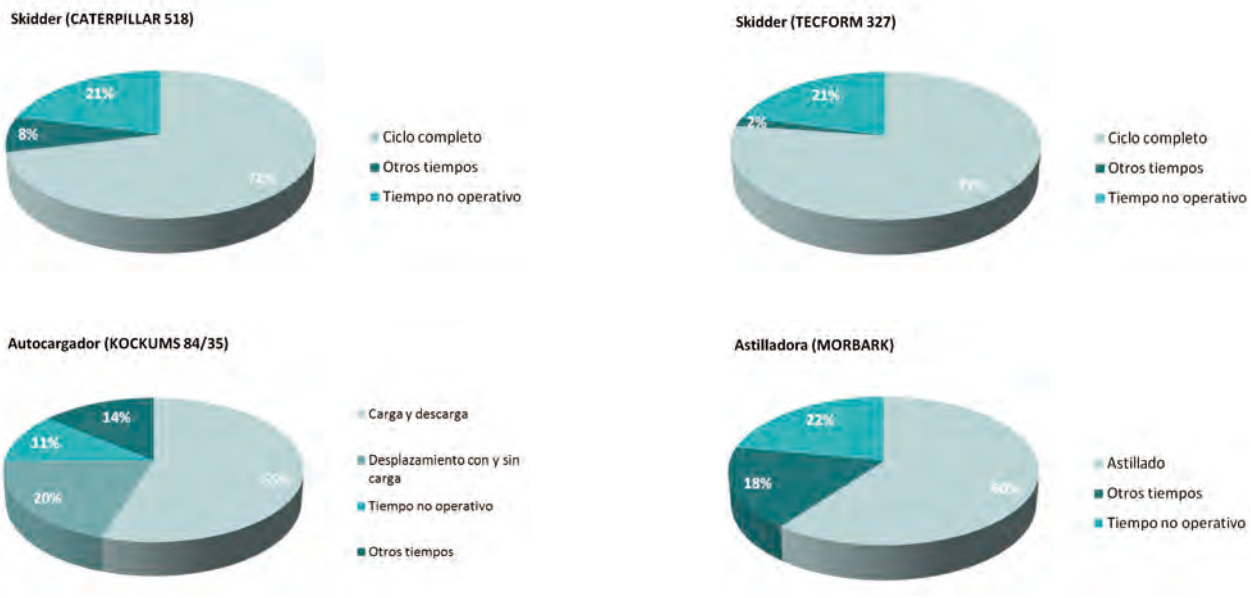
Se ha calculado el tiempo que invierte cada máquina en los procesos en los que interviene con la finalidad de obtener el tiempo operativo real y el porcentaje que dedica a cada operación.

5.2.3.4.1. Parcela 1

Tabla 34. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Baldíos de Almonaster, parcela 1

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
01_Baldíos	Skidder (CATERPILLAR 518)	281	**Ciclo completo**	**27,6**	**71**
			Otros tiempos	**2,9**	**8**
			Tiempo no operativo	**8,2**	**21**
			Total	**38,6**	**100**
	Skidder (TECFORM 327)	864	**Ciclo completo**	**52,4**	**77**
			Otros tiempos	**1,3**	**2**
			Tiempo no operativo	**14,1**	**21**
			Total	**67,8**	**100**
	Autocargador (KOCKUMS 84/35)	303	**Ciclo completo**	**47,3**	**75**
			Carga y descarga	34,8	55
			Desplazamiento con y sin carga	12,6	20
			Otros tiempos	**7,2**	**11**
			Tiempo no operativo	**8,8**	**14**
			Total	**63,2**	**100**
	Astilladora (MORBARK) auxiliada por retroexcavadora	114	**Astillado**	**42,0**	**60**
			Otros tiempos	**12,4**	**18**
			Tiempo no operativo	**15,4**	**22**
			Total	**69,7**	**100**

Fuente. Elaboración propia



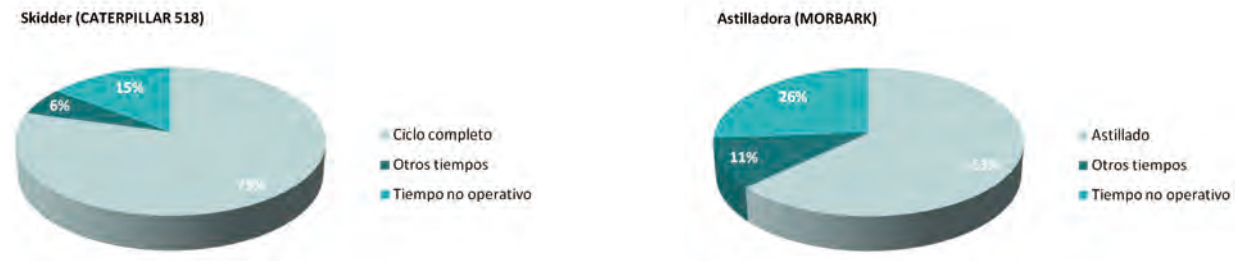
Figuras 34, 35, 36 y 37. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 01_Baldíos

5.2.3.4.2. Parcela 2

Tabla 35. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Baldíos de Almonaster, parcela 2

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
02_Baldíos	Skidder (CATERPILLAR 518)	690	**Ciclo completo**	**71,7**	**79**
			Otros tiempos	**5,4**	**6**
			Tiempo no operativo	**13,3**	**15**
			Total	**90,3**	**100**
	Astilladora (MORBARK) auxiliada por retroexcavadora	87	**Astillado**	**57,2**	**63**
			Otros tiempos	**9,9**	**11**
			Tiempo no operativo	**23,7**	**26**
			Total	**90,8**	**100**

Fuente. Elaboración propia



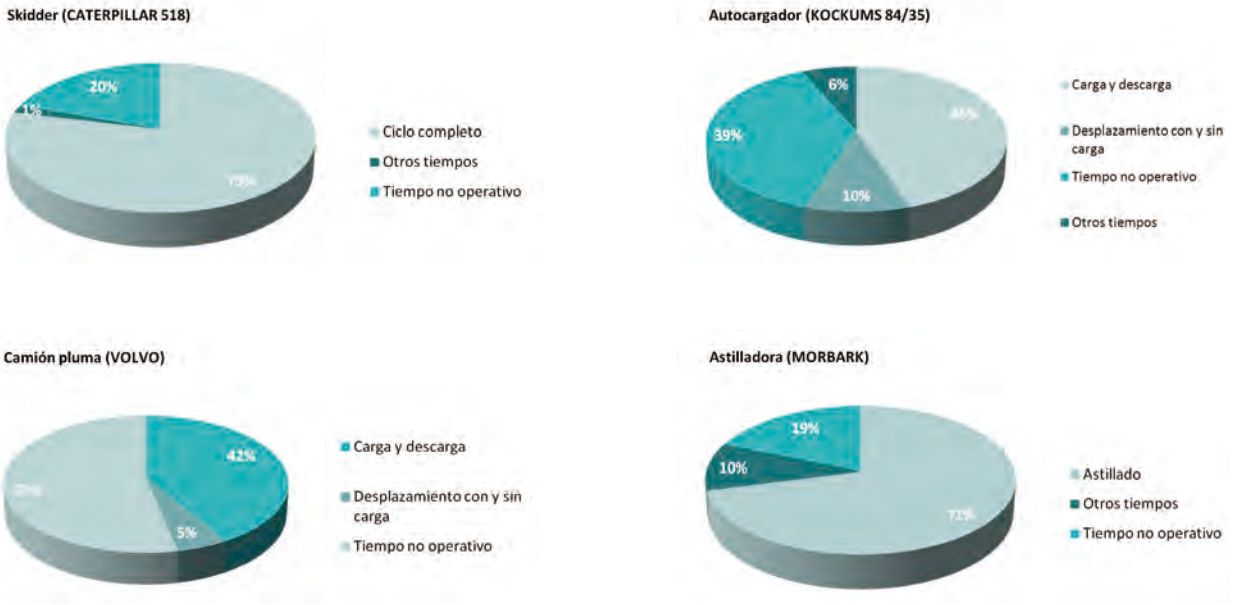
Figuras 38 y 39. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 02_Baldíos

5.2.3.4.3. Parcela 3

Tabla 36. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Baldíos de Almonaster, parcela 3

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
03_Baldíos	Skidder (CATERPILLAR 518)	690	**Ciclo completo**	**32,9**	**79**
			Otros tiempos	**0,7**	**2**
			Tiempo no operativo	**8,2**	**20**
			Total	**41,8**	**100**
	Autocargador (KOCKUMS 84/35)	52	**Ciclo completo**	**8,8**	**55**
			Carga y descarga	7,2	45
			Desplazamiento con y sin carga	1,6	10
			Otros tiempos	**6,2**	**39**
			Tiempo no operativo	**1,0**	**6**
			Total	**16,0**	**100**
	Camión pluma (VOLVO)	49	**Ciclo completo**	**11,6**	**47**
			Carga y descarga	10,3	41
			Desplazamiento con y sin carga	1,3	5
			Tiempo no operativo	**13,3**	**53**
			Otros tiempos	**24,9**	**100**
	Astilladora (MORBARK) auxiliada por retroexcavadora	87	**Astillado**	**28,2**	**71**
			Otros tiempos	**4,1**	**10**
			Tiempo no operativo	**7,5**	**19**
			Total	**39,8**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 40, 41, 42 y 43. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 03_Baldíos

5.2.3.5. Desembosque

En la **Tabla 37** se presentan los resultados de distancias medias recorridas por la maquinaria, el rendimiento (medio, mínimo y máximo) obtenido y el coste por hectárea y tonelada, así como la pendiente media de trabajo en los trabajos de desembosque.

Tabla 37. Resultados de los datos de desembosque. Monte Baldíos de Almonaster

PARCELA	MÁQUINA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO (t/h)			COSTE	
				MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
01_Baldíos	Skidder con cable (CATERPILLAR 518)	100-120	<50	6,7	2,1	13,7	1.215	13
		50-170	50-100	5,4	1,7	13,3	1.501	16
	Skidder con cable (TECFORM 327)	10-140	50-100	5,4	0,8	14,3	1.501	16
	Autocargador (KOCKUMS 84/35)	80-300	<12	8,6	-	-	1.090	11
02_Baldíos	Skidder con cable (CATERPILLAR 518)	40-50	<50	5,2	1,7	14,3	1.596	17
03_Baldíos	Skidder con cable (CATERPILLAR 518)	25-90	<50	2,1	1,1	11,0	3.942	41
		150-250	50-130	1,7	1,6	8,9	4.757	49
	Autocargador (KOCKUMS 84/35)	200-1000	<12	4,1	-	-	777	22
	Camión pluma (VOLVO)	200-1000	<12	4,6	-	-	461	14

Fuente. Elaboración propia

Por otro lado, para cada tipo de maquinaria se ha obtenido un rendimiento medio bajo circunstancias desfavorables de ejecución; en el caso del skidder con cable también se ha podido determinar el rendimiento bajo condiciones óptimas (**Tabla 38**).

Tabla 38. Rendimiento medio según condiciones. Monte Baldíos de Almonaster

PARCELA	MÁQUINA	Nº CICLOS	SITUACIÓN	TIEMPO (h)	Nº PIES	RENDIMIENTO	
						(pies/h)	(t/h)
01_Baldíos	Skidder con cable (CATERPILLAR 518)	130	Todos	27,6	818	35	5,6
			Óptimo				
		130	No favorable	27,6	818	35	5,6
	Skidder con cable (TECFORM 327)	417	Todos	52,4	1.538	34	5,3
			Óptimo				
		417	No favorable	52,4	1.538	34	5,3
	Autocargador (KOCKUMS 84/35)	68	Todos	47,3	2.554	54	8,6
			Óptimo				
		68	No favorable	47,3	2.554	54	8,6
02_Baldíos	Skidder con cable (CATERPILLAR 518)	325	Todos	71,7	2.068	33	5,1
		273	Óptimo	60,3	1.783	34	5,2
		52	No favorable	11,4	285	29	4,5
03_Baldíos	Skidder con cable (CATERPILLAR 518)	128	Todos	32,9	952	33	1,9
			Óptimo				
		128	No favorable	32,9	952	33	1,9
	Autocargador (KOCKUMS 84/35)	11	Todos	8,8	605	69	4,1
			Óptimo				
		11	No favorable	8,8	605	69	4,1
	Camión (VOLVO)	11	Todos	11,6	908	78	4,6
			Óptimo				
		11	No favorable	11,6	908	78	4,6

Fuente: Elaboración propia

En la ***parcela 1*** se ha obtenido un modelo que explica la distribución de los datos (**Figura 44**) en el que se puede observar cómo disminuye el rendimiento (t/h) según aumenta la distancia de desembosque (m).

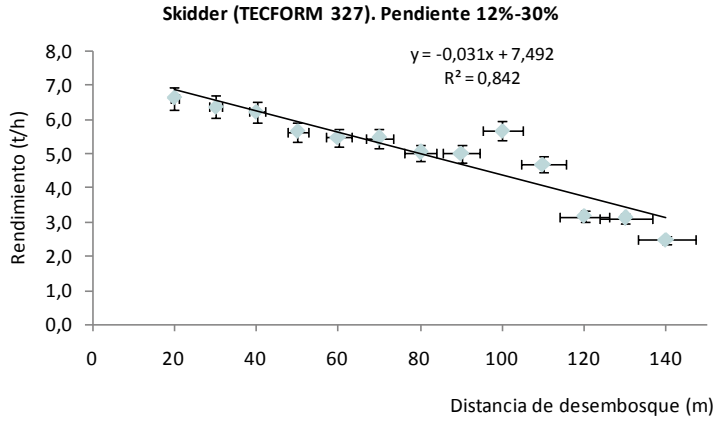


Figura 44. Gráfico de dispersión. Parcela 01_Baldíos. n = 15

En la ***parcela 2*** se han obtenido dos modelos que explican la distribución de los datos: un primer modelo válido para condiciones óptimas (**Figura 45**) y un segundo modelo válido para condiciones no favorables (**Figura 46**). En este último caso, los trabajos se han desarrollado con presencia de barro.

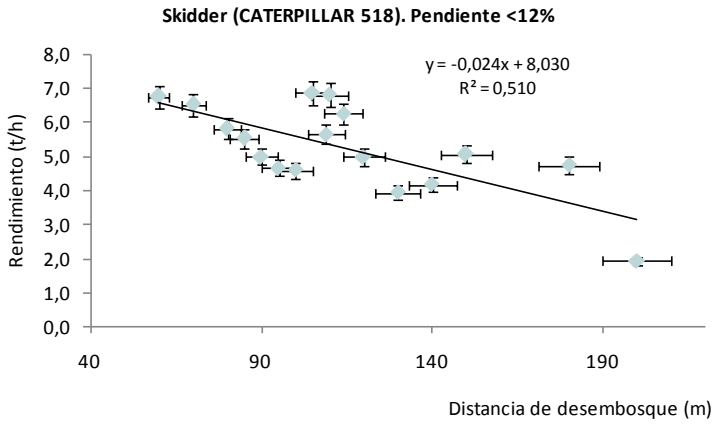


Figura 45. Gráfico de dispersión. Parcela 02_Baldíos. Condiciones óptimas. n = 17

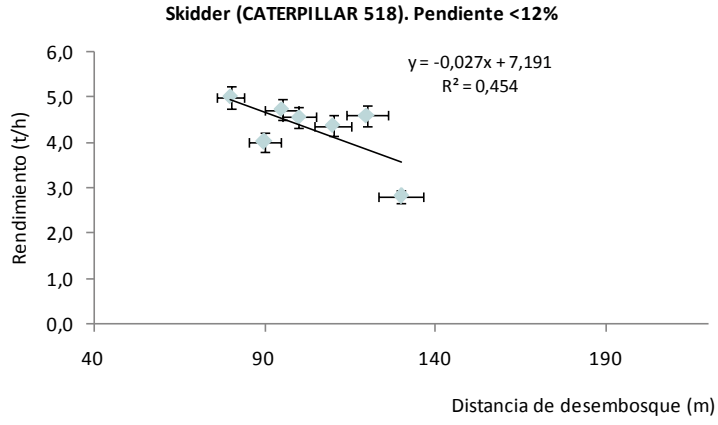


Figura 46. Gráfico de dispersión. Parcela 02_Baldíos. Condiciones no favorables. n = 7

A partir de las regresiones obtenidas, es posible comparar los rendimientos (t/h) en una situación óptima y en condiciones no favorables en función de la distancia de desembosque (**Figura 47**).

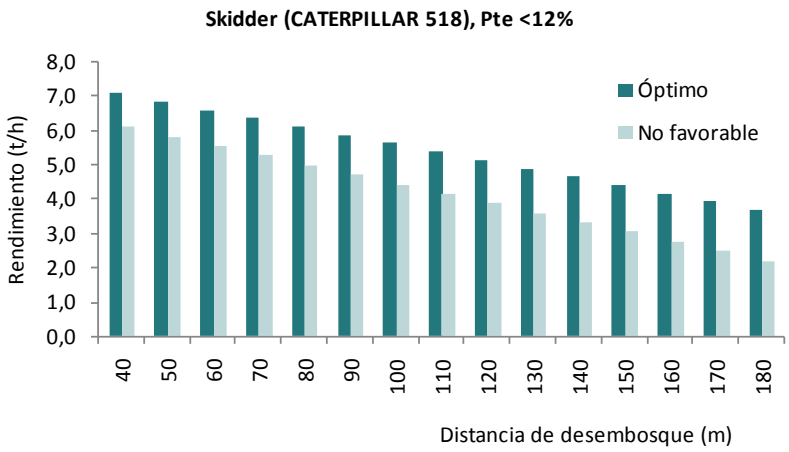


Figura 47. Rendimiento (t/h) por distancia de desembosque (m) y condiciones

A la vista de la gráfica, se aprecia que el rendimiento está muy condicionado por la distancia de desembosque y por la presencia de barro en la zona de trabajo, con una disminución media del mismo de un 24%.

Por su parte, en la ***parcela 3*** también se ha podido obtener una ecuación que explica el comportamiento del rendimiento con el aumento de la distancia de desembosque.

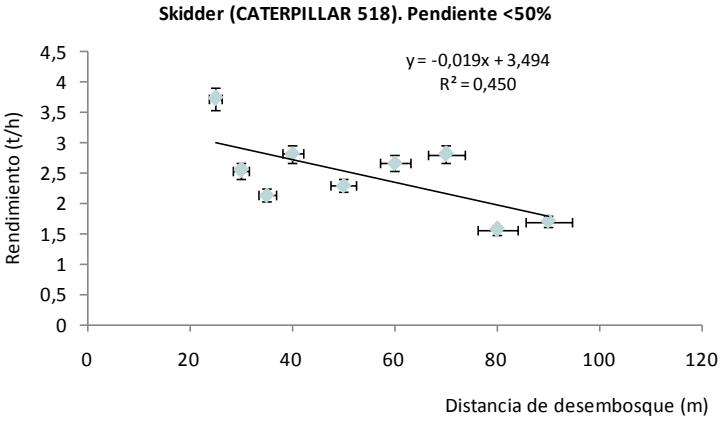


Figura 48. Gráfico de dispersión. Parcela 03_Baldíos. n = 9

5.2.3.6. Astillado

En la **Tabla 39** se presentan los resultados obtenidos para el astillado: el rendimiento medio y el coste por hectárea y tonelada.

Tabla 39. Rendimiento (pies/h, t/h) en las operaciones de astillado. Monte Baldíos de Almonaster

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO		COSTE	
		(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
01_Baldíos	Astilladora (MORBARK) auxiliada por retroexcavadora	61	9,7	1.435	15
02_Baldíos	Astilladora (MORBARK) auxiliada por retroexcavadora	47	7,2	2.030	20
03_Baldíos		80	4,7	997	31

Fuente. Elaboración propia

5.2.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos

En la **Tabla 40** se muestra un resumen de todos los datos presentados con anterioridad, sintetizando cada uno de los procedimientos.

Tabla 40. Rendimiento (t/h) y costes de extracción aprovechamiento biomasa forestal. Monte Baldíos de Almonaster

PARCELA	MÉTODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
01_Baldíos	1AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	2,1	11	52
		Desembosque a pista	Skidder (CATERPILLAR 518)	5,6	15	
		Desembosque a pista	Skidder (TECFORM 327)	5,4	16	
		Desembosque a cargadero	Autocargador (KOCKUMS 84/35)	8,6	11	
		Astillado	Astilladora (MORBARK) auxiliada por retroexcavadora	9,7	15	
02_Baldíos	2AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	2,0	12	48
		Desembosque a cargadero	Skidder (CATERPILLAR 518)	5,1	17	
		Astillado	Astilladora (MORBARK) auxiliada por retroexcavadora	7,2	20	
03_Baldíos	3AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	1,5	15	103
		Desembosque a pista	Skidder (CATERPILLAR 518)	1,9	43	
		Desembosque a cargadero	Autocargador (KOCKUMS 84/35)	4,1	24	
		Desembosque a cargadero	Camión pluma (VOLVO)	4,6	14	
		Astillado	Astilladora (MORBARK) auxiliada por retroexcavadora	4,7	31	

Fuente. Elaboración propia

A la vista de la tabla, el método económicamente más ventajoso resulta el correspondiente a la ***parcela 2***. Hay que señalar que para el cálculo del coste final en la ***parcela 1*** se ha tenido en cuenta el desembosque a pista con skidder con menor coste. Se ha considerado lo mismo en la ***parcela 3***, en la que se ha elegido el desembosque a cargadero más óptimo en lo que a coste se refiere.

El desarrollo de los trabajos en la zona de estudio ha estado condicionado fundamentalmente por el efecto de la pendiente y la presencia de agua y barro en el terreno, determinando y condicionando la adherencia de los medios que intervienen en la extracción (desembosque) a las zonas de acopio de los pinos cortados.

En estas zonas de acopio, ubicadas a lo largo de una faja cortafuegos , el espacio disponible y su accesibilidad es suficiente para el desarrollo de las operaciones de astillado, carga y transporte del producto generado.

Los factores condicionantes descritos no permiten la consideración de alternativas en las operaciones de apeo, ni en el desembosque. Es decir, no se puede mecanizar el apeo, ni realizar la extracción de los pinos cortados de otra forma que la practicada mediante desembosque con skidder con cable. La única alternativa planteable se centra en la manipulación de los pinos cortados para ser desemboscados: 1) como pies enteros o 2) separando copas de fustes, y a su vez estos pueden ser tronzados o no, con lo cual se desemboscarían copas y fustes enteros o trozas empaquetadas, reunidas por medios manuales.

Evidentemente, cualquier manipulación intermedia de los pinos cortados (separar copas, tronzar y empaquetar madera), supone la realización de operaciones añadidas con el consiguiente incremento del coste final.

Ante estas alternativas, se optó por descartar las opciones que, a priori, suponen un claro encarecimiento de los costes de ejecución. Por consiguiente no se ha realizado operación alguna con los pies apeados, siendo desemboscados enteros hasta el lugar de acopio, previo al astillado. Las únicas alternativas consideradas en el proceso de extracción han sido planteadas en la fase del transporte intermedio, siendo la distancia de transporte intermedio el factor determinante que ha definido su realización con los distintos medios intervinientes (skidder o autocargador).

El apilado de los pies es una operación rápida en cargadero que permite aumentar el rendimiento de astillado, prevenir de averías y daños por presencia de piedras, mejorar la calidad de la astilla por ausencia de tierra y disminuir el espacio ocupado en cargadero.

La excesiva pendiente de la ***parcela 3*** ha condicionado el desembosque obligando a emplear la técnica de cableo, lo que minimiza en gran medida el rendimiento si se compara con los obtenidos en las otras dos parcelas. Además, la distancia de desembosque o transporte intermedio, de hasta 1.000 metros, incrementa los costes de esta operación en dicha parcela. En la tabla anterior se puede observar cómo el rendimiento para el mismo autocargador disminuye en un 50% en esta última parcela.

Respecto al astillado, aunque el procedimiento más económico es el astillado de los pies enteros, sin trocear, hubo que afrontar la necesidad de trocear los fustes, exigencia no demandada por la astilladora, sino por limitaciones de espacio en la caja del autocargador y problemas mecánicos procedentes del estado del mismo. Por lo que un autocargador en mejor estado e, incluso, un poco más grande, sin excederse para no tener problemas de movilidad, hubiera permitido astillar los pies enteros sin trocearlos. Las características de la ***parcela 3***, en la que se ha astillado un 10% de los pies enteros y un 90% de los pies troceados, ha condicionado el rendimiento obtenido.



5.3. Huelva: Grupo Ordenado de Almonte

5.3.1. Localización: Área de actuación

El monte, Grupo Ordenado de Almonte (HU-5003-AY) , con una superficie total de 5.807 ha, se localiza en el sudeste de la provincia de Huelva, concretamente en Almonte, perteneciendo a los propios de este término municipal. La gestión del mismo se encuentra definido en el "PROYECTO DE ORDENACIÓN DE LOS SISTEMAS FORESTALES DEL GRUPO DE MONTES ORDENADOS DE ALMONTE, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE ALMONTE (HUELVA)", aprobado en el año 1999 con un periodo de vigencia de 10 años y un periodo de prórroga de 5 años.



Figura 49. Croquis de situación

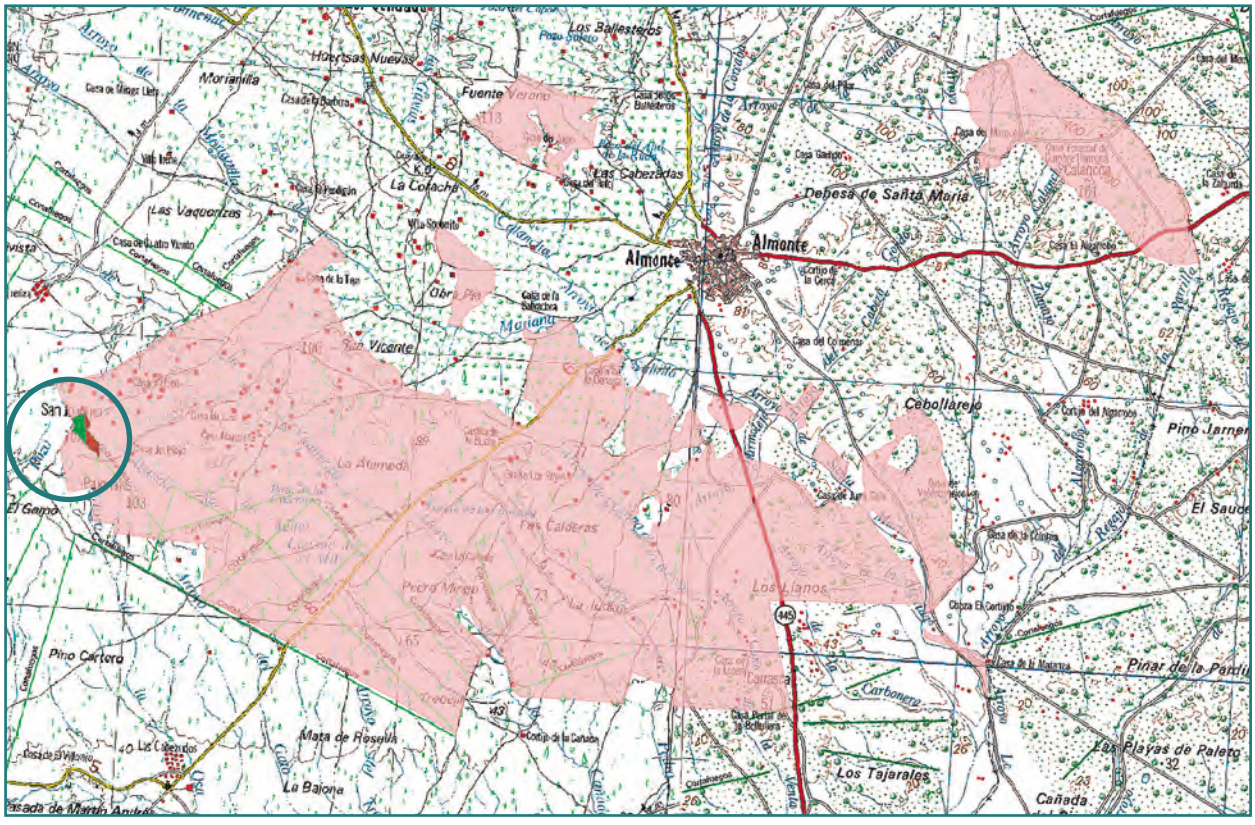


Figura 50. Monte Grupo Ordenado de Almonte

El Grupo Ordenado de Almonte comprende los montes denominados “Cumbres Hermosas”, “Chaparralejo y Saillo”, “Dehesa Turmal”, “Monte Higo y Huerto de los Judíos”, “Pinar Grande e Isleta” del Catálogo de Utilidad Pública de la Provincia de Huelva. La superficie total del grupo de montes es de 8.606 ha, estando deslindado desde 1891.

El terreno presenta un relieve suave, predominantemente llano con ligeras ondulaciones (pendiente media del 3%, con un 99% de la superficie con pendiente inferior a 15%) La altitud máxima es de 111 m y la mínima es de 18 m, con una media de 65 m. No hay ninguna corriente permanente de agua, drenando directamente en las marismas tras una complicada trama de lagunas, caños y lucios, a través de una serie de arroyos de régimen torrencial, siendo el principal la “Cañada Mayor”.

El clima es Mediterráneo genuino fresco con una precipitación media anual que oscila entre 500 y 700 mm y una temperatura media anual de 17,0 ºC; no existe ningún mes con riesgo de helada segura.

Los suelos predominantes son los alfisoles y entisoles, desarrollados sobre arenas de composición silícea, que dan lugar a suelos arenosos o de composición silíceo-arcillosa.

La vegetación está dominada por el pino piñonero, con un 96% del número total de pies arbóreos existentes en el Grupo de Montes. Otras especies presentes son el eucalipto blanco (*Eucaliptus globulus*) con un 3,3% del número de pies; el eucalipto rojo (*Eucaliptus camaldulensis*) con un 0,5%; y el alcornoque (*Quercus suber*) con un 0,2%. También hay ejemplares aislados de encina (*Quercus ilex*), pino negral (*Pinus pinaster*) y otros.

Las series climatófilas características son la Termomediterránea gaditano-onubo-algarviense y marianico-monchiquense subhúmeda silicícola del alcornoque (*Quercus suber*) *Oleo-Querceto suberis sigmetum* y la Termomediterránea bético-algarviense seco-subhúmedo-húmeda basófila de la encina (*Quercus rotundifolia*) *Smilaci mauritanicie-Querceto rotundifoliae sigmetum*.

Las parcelas para la realización de las pruebas demostrativas se ubican en la zona de pino piñonero representativa de los pinares de costa.

Se ha trabajado sobre dos parcelas: 01_OAL y 02_OAL. En la **Tabla 41** se resumen sus características generales.

Tabla 41. Caracterización de las parcelas. Monte Grupo Ordenado de Almonte

MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	PENDIENTE (%)	PEDREGOSIDAD (%)
Grupo Ordenado de Almonte	01_OAL	8,6	*Pinus pinea*	3	Nula
	02_OAL	8,6	*Pinus pinea*	3	Nula

Fuente. Elaboración propia

A continuación se describen estas parcelas:

- ***Parcela 01_OAL:*** Superficie de 8,6 ha. La pendiente media es del 3%. No existe pedregosidad. Durante el desarrollo del demostrativo la presencia de barro ha sido permanente. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 3.000 metros.

- ***Parcela 02_OAL:*** Superficie de 8,6 ha. La pendiente media es del 3%. No existe pedregosidad. Durante el desarrollo del demostrativo la presencia del barro ha sido permanente. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 3.000 metros.

En ambas parcelas la especie objeto del aprovechamiento ha sido el pino piñonero (*Pinus pinea)* de 40 años de edad con una morfología de la copa de tipo piramidal, alta presencia de ramas bajas y fustes con fuertes curvaturas en el diámetro basal.

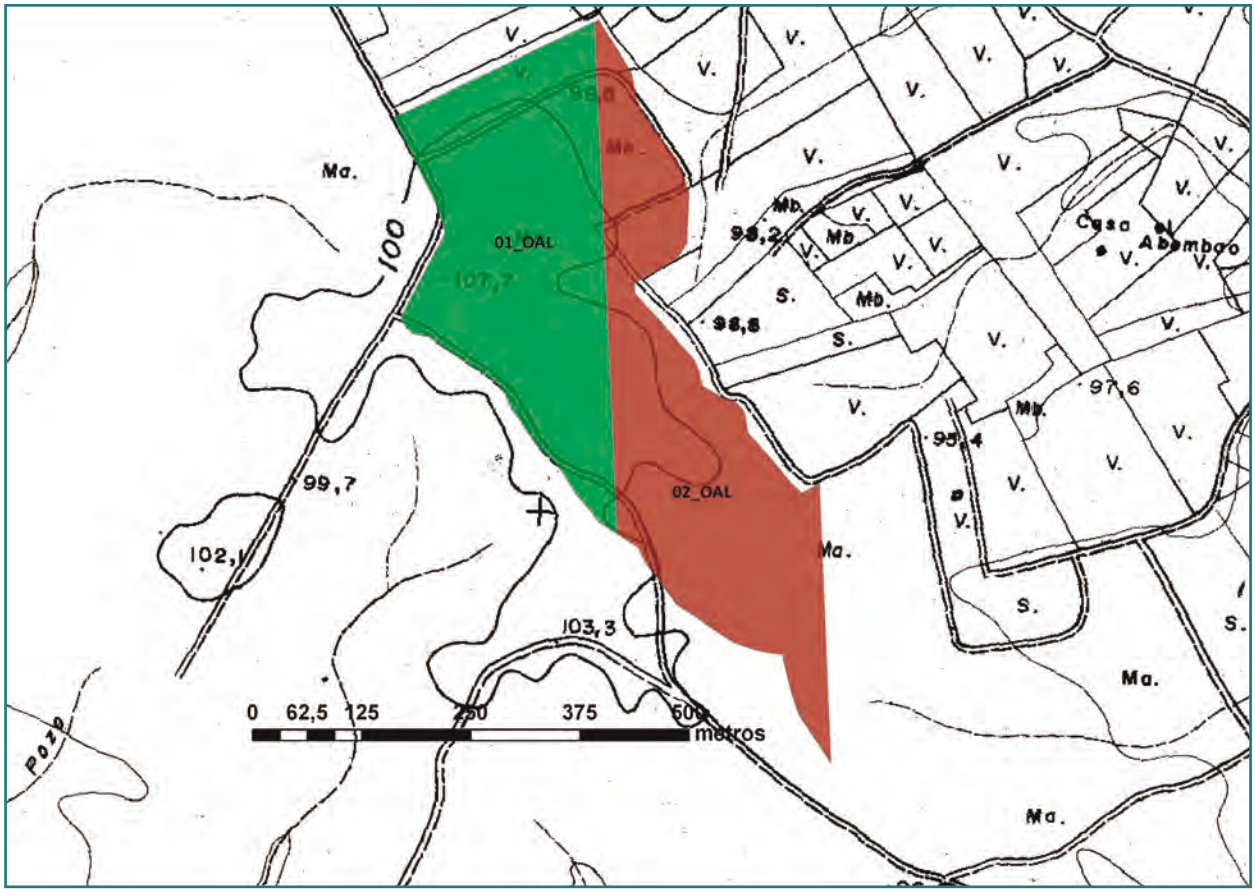


Figura 51. Plano de distribución de parcelas

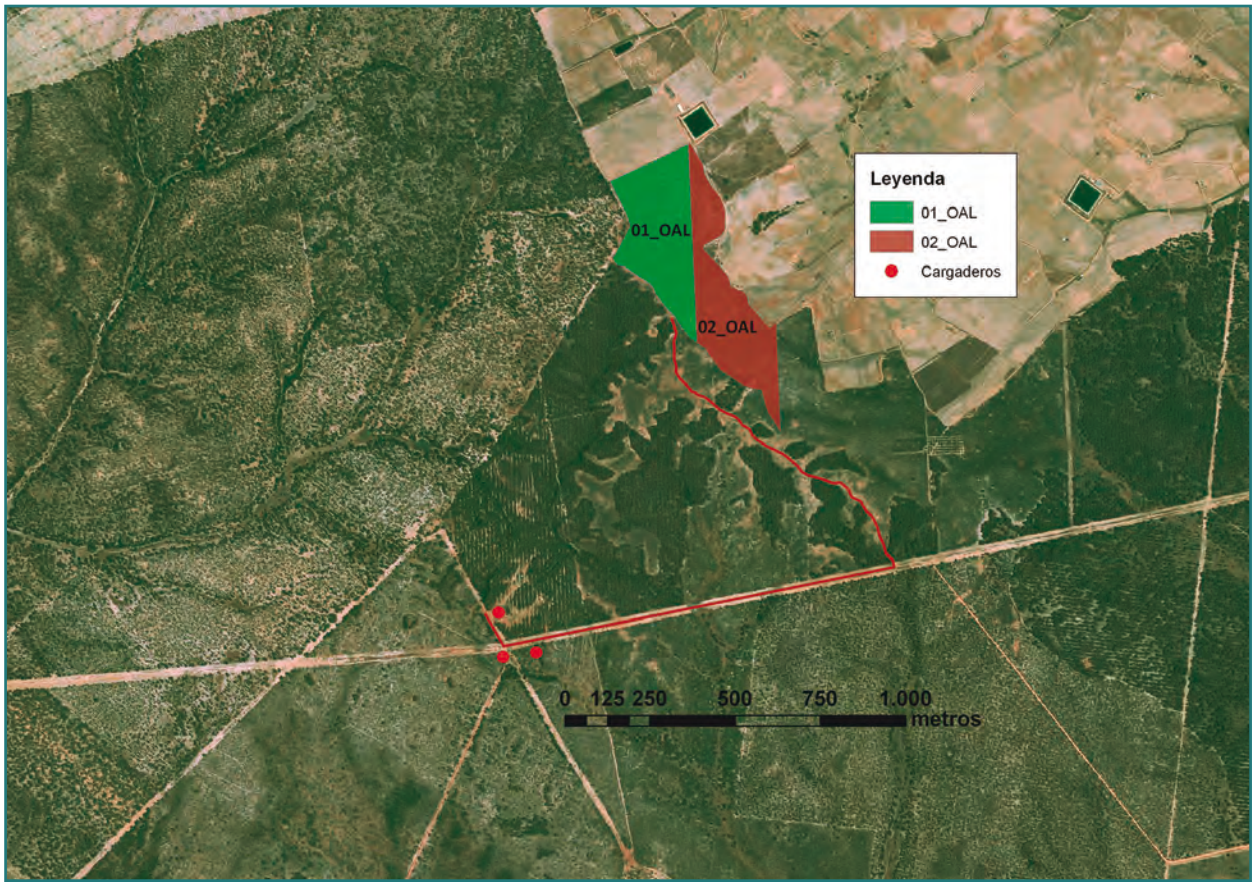


Figura 52. Localización de los cargaderos



5.3.2. Metodología: Procedimientos

Los procedimientos de extracción y preparación de la biomasa que se han seguido en cada una de las parcelas se resumen en la **Tabla 42.**

5.3.2.1. Apeo

5.3.2.1.1. Apeo manual

En ambas parcelas el apeo ha sido sistemático con motosierra (STIHL 026) según señalamiento previo. Se ha realizado la apertura de una calle de cada dos, complementada con el apeo alternativo de pies en las filas restantes, obteniéndose una intensidad de corta del 75%, a excepción de los extremos de las parcelas, en los que se ha optado por no apear el pie extremo señalado, para así dejar constancia del carácter forestal y evitar intrusiones de parcelas de cultivo agrícola.

El apeo es dirigido y auxiliado por pértiga de empuje, para dejar expedita la calle de desembosque, mediante corte sin entalladura por el pequeño diámetro de cada pie. Este sistema se emplea para propiciar la saca con autocargador por curvas de nivel según las calles trazadas.

En donde la curvatura basal acentuada pudiera resultar un inconveniente para la introducción del pie en la astilladora, se ha procedido a la eliminación de los 40 primeros centímetros de fuste. A todo el arbolado apeado se le marcaron con motosierra las ramas de grandes dimensiones para que el efecto "bisel" de tales entalladuras permitiera el astillado de los pies afectados.

5.3.2.2. Desembosque

En la ***parcela 1*** el desembosque se ha realizado con autocargador (TIMBERJACK 1110C), que se desplaza por curvas de nivel, según las calles abiertas durante la corta hasta descargar los pies enteros en el parque de astillado. El desplazamiento del autocargador por la zona del pinar intervenido hasta el parque de astillado se ha efectuado por viales en los que los problemas de falta de adherencia por encharcamiento han sido constantes.

En la ***parcela 2*** se ha realizado el desembosque de astilla mediante tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT) que recibe directamente la astilla generada por la astilladora. El tractor se desplaza por curvas de nivel, según las calles abiertas, hasta llegar al parque de astillado. En la **Figura 57** se muestra el modelo obtenido para la relación entre el rendimiento (t/h) y la distancia de desembosque (m).

5.3.2.3. Astillado

En ambas parcelas se emplea un tractor neumático con astilladora autoalimentada con grúa (JOHN DEERE 8420). En la ***parcela 1*** el astillado se ha realizado en parque, mientras que en la ***parcela 2*** este astillado se ha realizado "*in situ*", en las calles de apeo.

Conviene indicar que en épocas de abundantes precipitaciones se ha observado en el parque de astillado un proceso de fermentación de la astilla que la degrada y disminuye su poder calorífico.

Estos inconvenientes se pueden minorar haciendo la corta en marzo o abril con los pies debidamente apilados y semi-secos. Se obtiene una astilla de mayor calidad que la anterior y sin agua de precipitación. El agua de precipitación recogida por los pies enteros se elimina fácilmente y no aparece posteriormente en la astilla.

Tabla 42. Resumen de actuaciones. Monte Grupo Ordenado de Almonte

PARCELA	MÉTODO	CORTA	REUNIÓN	ASTILLADO	DESEMBOSQUE
01_OAL	1AC	Manual selectiva orientado hacia la calle. Desrame opcional para transporte	Carga de pies enteros con autocargador	Astillado de pies en parque de astillado	Pies enteros o completos con autocargador
02_OAL	2AC		Carga de pies enteros con tractor neumático con grúa astilladora autoalimentada	Astillado en calles de apeo. Astilla vertida directamente en tractor remolque	Astilla sobre contenedor traccionado por tractor

Fuente. Elaboración propia

AC: Árbol completo **FC:** Fuste + copa



5.3.3. Resultados

5.3.3.1. Actualización de los datos de inventario

En la **Tabla 43** se muestra la densidad inicial (pies/ha) y el número de pies presentes en cada parcela según los datos del inventario.

Tabla 43. Datos de Inventario. Monte Grupo Ordenado de Almonte

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)	Dn MEDIO (cm)	PIES TOTALES
Huelva	Grupo Ordenado de Almonte	1_OAL	8,6	409	17,9	3.519
		2_OAL	8,6	378	18,5	3.253

Fuente. Elaboración propia

Para que todos los resultados obtenidos puedan ser comparables, estos pesos secos están referidos a un porcentaje del 30% de humedad, como se muestra en la **Tabla 44**.

Tabla 44. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica. Valores modulares

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	2,9	4,7	7,5
2	7,5-12,5	18,1	22,2	40,3
3	12,5-17,5	42,0	66,0	108,0
4	17,5-22,5	87,8	129,1	216,8
5	22,5-27,5	154,8	217,2	372,1
6	27,5-32,5	245,8	333,2	579,0
7	32,5-37,5	362,8	478,5	841,4

Fuente. Montero, G. *et al.* (2006) "Producción de biomasa y fijación de $C0_2$ por los bosques españoles". INIA

5.3.3.2. Criterio de corta y señalamiento

A partir de la información procedente del señalamiento, se ha obtenido una biomasa teórica extraída (**Tabla 45**) empleando el diámetro normal del árbol tipo de cada parcela demostrativa y los valores modulares de la especie *Pinus pinea* procedentes del estudio "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles".

Tabla 45. Datos de señalamiento. Monte Grupo Ordenado de Almonte

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)		% CORTA	PESO EXTRAÍDO[1]	
				INICIAL	FINAL		(kg/pie)	(t/ha)
Huelva	Grupo Ordenado de Almonte	01_OAL	8,6	409	102	75	175,9	54,0
		02_OAL	8,6	378	95	75	189,7	53,8

Fuente. Elaboración propia

[1]Peso (en kg con un 30% de humedad)

5.3.3.3. Distribución de tiempos de la maqinaria

Se ha calculado el tiempo que invierte cada máquina en los procesos en los que interviene con la finalidad de obtener el tiempo operativo real y el porcentaje que dedica a cada operación.

5.3.3.3.1. Parcela 1

Tabla 46. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Grupo Ordenado de Almonte

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
01_OAL	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)	460	**Ciclo completo**	**88,3**	**74**
			Carga y descarga	42,0	35
			Desplazamiento con y sin carga	46,4	39
			Tiempo no operativo	**29,8**	**25**
			Otros tiempos	**0,8**	**1**
			Total	**118,9**	**100**
	Tractor neumático con astilladora suspendida (LINDANA) y grúa (JOHN DEERE 8420)	52	Astillado	49,6	76
			Tiempo no operativo	15,1	23
			Otros tiempos	0,3	1
			Total	**24,9**	**100**

Fuente. Elaboración propia



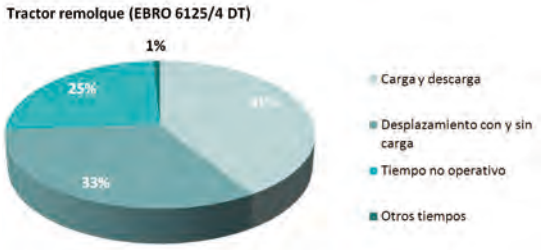
Figuras 53 y 54. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 01_OAL

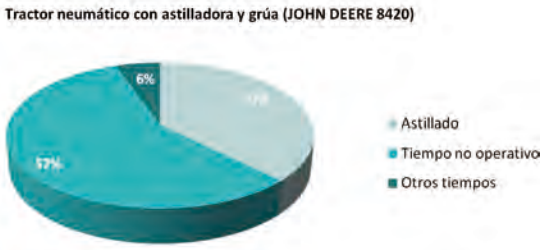
5.3.3.3.2. Parcela 2

Tabla 47. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Grupo Ordenado de Almonte

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
02_OAL	Tractor remolque (EBRO 6125/4 DT)	572	**Ciclo completo**	**88,3**	**74**
			Carga y descarga	42,0	35
			Desplazamiento con y sin carga	46,4	39
			Tiempo no operativo	**29,8**	**25**
			Otros tiempos	**0,8**	**1**
			Total	**118,9**	**100**
	Tractor neumático con astilladora suspendida (LINDANA) y grúa (JOHN DEERE 8420)	336	Astillado	73,7	37
			Tiempo no operativo	112,9	57
			Otros tiempos	10,6	5
			Total	**197,2**	**100**

Fuente. Elaboración propia





Figuras 55 y 56. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 02_OAL

5.3.3.4. Desembosque

En la **Tabla 48** se presentan los resultados de distancias medias recorridas por la maquinaria, el rendimiento (medio, mínimo y máximo) obtenido y el coste por hectárea y tonelada, así como la pendiente media en los trabajos de desembosque.

Tabla 48. Resultados de los datos de desembosque. Monte Grupo Ordenado de Almonte

PARCELA	MÁQUINA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO						COSTE MEDIO	
				(pies/h)			(t/h)				
				MED	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
01_OAL	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)	1.738	3%	19	11	28	3,3	1,9	4,9	1.563	29
02_OAL	Tractor remolque (EBRO 6125/4 DT)	2.206	3%	29	8	50	5,5	1,5	9,5	465	8

Fuente. Elaboración propia

Por otro lado, para cada tipo de maquinaria se ha obtenido un rendimiento medio bajo circunstancias desfavorables de ejecución (**Tabla 49** y **Figuras 57 y 58**).

Tabla 49. Rendimiento medio según condiciones. Monte Grupo Ordenado de Almonte

PARCELA	MÁQUINA	Nº CICLOS	SITUACIÓN	TIEMPO (h)	Nº PIES	RENDIMIENTO	
						(pies/h)	(t/h)
01_OAL	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)	100	Todos	88,3	1.655	19	3,4
		58	Óptimo	51,6	985	20	3,5
		42	No favorable	36,8	670	19	3,3
02_OAL	Tractor remolque (EBRO 6125/4 DT)	125	Todos	133,8	3.770	29	5,4
		112	Óptimo	120,1	3.420	29	5,5
		13	No favorable	13,7	350	26	5,0

Fuente: Elaboración propia

En la ***parcela 1*** se han obtenido dos modelos que explican la distribución de los datos: un primer modelo válido para condiciones óptimas (**Figura 57**) y un segundo modelo válido para condiciones no favorables (**Figura 58**). En este último caso, los trabajos se han desarrollado con presencia de barro.

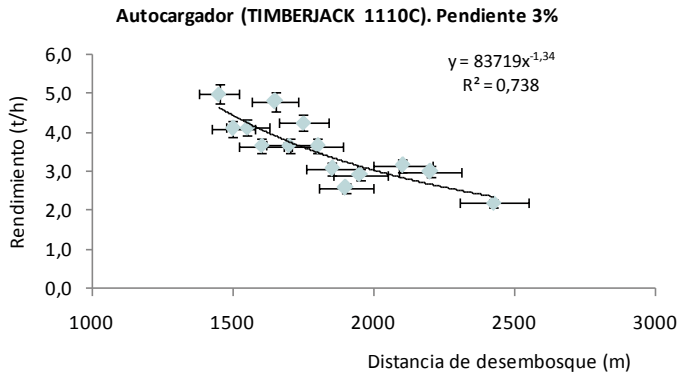


Figura 57. Gráfico de dispersión. Parcela 01_OAL. Condiciones óptimas. n = 14

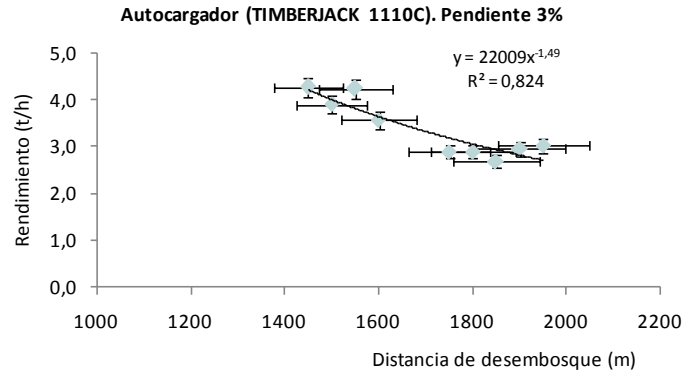


Figura 58. Gráfico de dispersión. Parcela 01_OAL. Condiciones no favorables. n = 9

A partir de las regresiones obtenidas, es posible comparar los rendimientos (t/h) en una situación óptima y en condiciones no favorables en función de la distancia de desembosque (**Figura 59**).

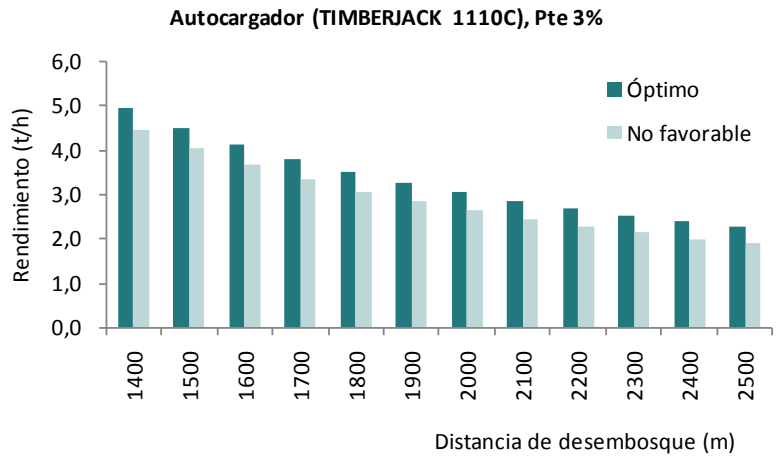


Figura 59. Rendimiento (t/h) por distancia de desembosque (m) y condiciones

A la vista de la gráfica, se recomienda la realización del desembosque en la zona de los montes litorales onubenses, como en el que se han ubicado las parcelas de seguimiento, a partir de abril. Las razones que justifican esta prescripción se deben a la necesidad de evitar los inconvenientes derivados del agua presente en el terreno, por el ascenso del nivel freático, disminuyendo el rendimiento hasta en un 15% al reducir las condiciones de adherencia de los medios empleados. Tales interferencias provocan interrupciones en los procesos operativos, de duración hasta semanal, en función de las precipitaciones existentes en cada momento.

En la ***parcela 2*** se ha obtenido un modelo que explica la distribución de los datos para una situación óptima (**Figura 60**).

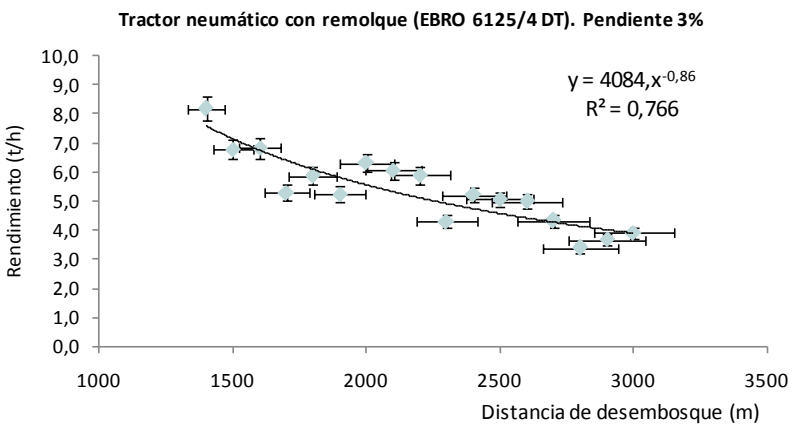


Figura 60. Gráfico de dispersión. Parcela 02_OAL. Condiciones óptimas. n = 17

Tabla 50. Rendimiento (t/h) en función de la distancia de desembosque (m) y la pendiente. Monte Grupo Ordenado de Almonte

PARCELA	MÁQUINA	SITUACIÓN	DISTANCIA MEDIA (m)	PENDIENTE MEDIA (%)	DISTANCIA (m)	RENDIMIENTO (t/h)			Nº CICLOS	ECUACIÓN[1]	R^2
						MED	MIN	MAX			
01_OAL	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)	Óptima	1.765	3	1.450-2.000	3,5	1,8	5,8	52	Rdto (t/h) = 83719*D $^{-1,345}$	0,7387
					2.000-2.425	3,0	2,3	3,3	6		
		No favorable	1.700	3	1.400-1.925	3,3	1,9	4,9	42	Rdto (t/h) = 220090*D $^{-1,492}$	0,8248
02_OAL	Tractor remolque (EBRO 6125/4 DT)	Óptima	2.200	3	1.400-2.000	6,3	2,3	8,7	39	Rdto (t/h) = 4084,2*D $^{-0,868}$	0,7661
					2.000-2.500	5,5	2,8	9,5	48		
					2.500-3.000	4,4	1,5	8,0	25		
		No favorable	2.430	3	2.100-2.700	4,9	3,2	6,4	13		

Fuente. Elaboración propia

[1] **D:** distancia de desembosque (m)

5.3.3.5. Astillado

En la **Tabla 51** se presentan los resultados obtenidos para el astillado: el rendimiento medio y el coste por hectárea y tonelada.

Tabla 51. Rendimiento (pies/h, t/h) en las operaciones de astillado. Monte Grupo Ordenado de Almonte

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO		COSTE	
		(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
01_OAL	Tractor neumático con astilladora suspendida (LINDANA) y grúa (JOHN DEERE 8420)	40	7,0	670	12
02_OAL		67	12,7	369	7

Fuente. Elaboración propia

5.3.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos

En la **Tabla 52** se presenta un resumen de todos los datos mostrados con anterioridad, mostrando una síntesis para cada uno de los procedimientos.

Tabla 52. Rendimiento (t/h) y costes de extracción aprovechamiento biomasa forestal. Monte Grupo Ordenado de Almonte

PARCELA	MÉTODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
01_OAL	1AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	2,3	10	51
		Desembosque	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)	3,3	29	
		Astillado en parque	Tractor neumático con astilladora suspendida (LINDADA) y grúa (JOHN DEERE 8420)	7,0	12	
02_OAL	2AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	2,3	9	24
		Desembosque	Tractor remolque (EBRO 6125/4 DT)	5,5	8	
		Astillado "*in situ*"	Tractor neumático con astilladora y grúa (JOHN DEERE 8420)	12,7	7	

Fuente. Elaboración propia **AC:** Árbol completo

Se deduce que la opción económicamente más ventajosa es el ***método 2AC***, consistente en realizar el astillado en la misma calle en donde el pinar se apea y se vierte directamente en un remolque basculante con lo que el desembosque se centra en mover astilla cosechada en lugar de pies enteros.

Un aspecto importante en ambos métodos ha sido la influencia de la distancia de desembosque, cuyos valores, comprendidos en el intervalo de 1.400 a 3.000 metros, han condicionado notablemente los costes finales.



5.4. Huelva: Campo Común de Arriba

5.4.1. Localización: Área de actuación

El Monte Campo Común de Arriba (HU-70001-AY) se localiza en la zona sur de la provincia de Huelva, en el Andévalo, concretamente en el Término Municipal de Cartaya. Pertenece al Ayuntamiento de Cartaya y se encuentra incluido en el Catálogo de Montes de Utilidad Pública de Andalucía con el número 6 desde el año 1897.



Figura 61. Croquis de situación

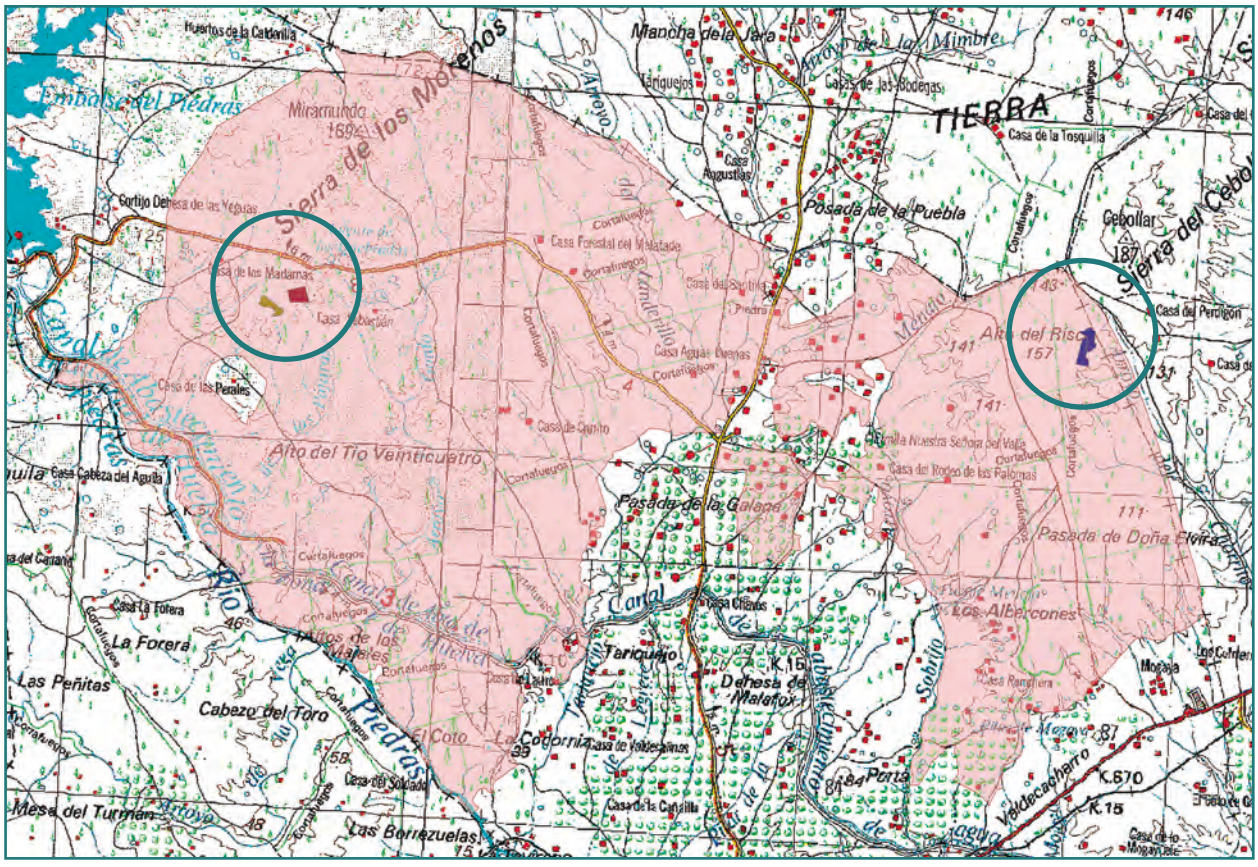


Figura 62. Monte Campo Común de Arriba

La cabida del monte difiere en función de la fuente utilizada (entre 7.200 y 7.800 ha). Su gestión se lleva a cabo a través de un convenio de cooperación entra la Consejería y el Ayuntamiento, a partir de los criterios definidos en el "PROYECTO DE 8ª REVISIÓN DE LA ORDENACIÓN DEL MONTE CAMPO COMÚN DE ARRIBA, HU-70001-CCAY, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE CARTAYA, PROVINCIA DE HUELVA", con fecha de aprobación de 2009 y un periodo de vigencia de 10 años.

El monte Campo Común de Arriba tiene su origen en las repoblaciones realizadas por el Distrito Forestal, puesto que la masa forestal ocupaba inicialmente tan solo el 5% de la superficie total; el resto era una superficie improductiva de matorral, zonas sometidas a rozas continuas y numerosos incendios, con algún pie disperso de pino y alcornoque. El destino principal de la masa repoblada fue la producción de madera, planteándose un método de ordenación basado en un turno de 60 años y regeneración por cortas por aclareo sucesivo uniforme. El monte se encuentra deslindado desde 1912 y fue amojonado en 1960, aunque estos límites han sufrido cambios debido a las descatalogaciones realizadas a raíz de ocupaciones agrícolas.

El relieve de la zona es de moderado a suave con ondulaciones no muy pronunciadas. La altitud máxima es de 166,47 m, en el Cabezo de Miramundo, que se encuentra en la zona norte del monte, mientras que la mínima es de 0,16 m y se da en la zona sur, en la orilla del río Piedras. La altitud media es de 92 m. Debido a su relieve, el monte no presenta problemas para su mecanización.

El monte se encuentra dentro de la región biogeográfica mediterránea, en el piso bioclimático termomediterráneo. La precipitación anual se sitúa entre los 628,5 mm en el entorno de Cartaya y de 482,4 mm en Punta Umbría. La temperatura media anual es de aproximadamente 18 °C, sin la existencia de periodo susceptible de heladas.

Los suelos están compuestos predominantemente por arenas de distinto grosor que alternan con conglomerados y bancos arcillosos aunque en determinados puntos aparecen formaciones de pizarras arcillosas y grauvacas. Predominan los planosoles, que en las zonas de vaguada son reemplazados por los luvisoles, y los cambisoles y regosoles.

El sistema de drenaje está compuesto por una densa red de arroyos que recorren el espacio en dirección NE-SO, para desembocar al río Piedras. Este río hace de límite oeste al monte. Al río Odiel desembocan los arroyos situados en la zona este del monte.

La vegetación potencial corresponde mayoritariamente a la serie termomediterránea gaditano-onubo-algarviense y mariánico-monchinse subhúmeda silicícola de *Quercus suber* o alcornoque (*Oleo sylvestris-Querceto suberis sigmetum*) y la serie termomediterránea mariánico-monchiquense y bética seco-subhúmeda silicícola de la encina (*Quercus rotundifolia*) *Mirto-Quercetorotundifoliae sigmetum*.

Los pinares del monte "Campo Común de Arriba" son masas en buen estado, que cumplen numerosas funciones, generalmente con cobertura arbórea completa. La mayoría son masas de *Pinus pinea*, aunque también hay rodales de pinar con mezcla de alcornocal termófilo y encinar silicícola y rodales de eucalipto.

En este monte no se han planteado alternativas para el uso de maquinaria, ya que por tratarse de un monte de costa, con orografía suave, escasas pendientes y fácil accesibilidad, las metodologías propuestas se ajustan a la forma de trabajo habitual de la comarca, caracterizadas por su eficiencia. El interés proviene de establecer si existe rentabilidad en sacar copas o árbol completo como biomasa (astillas) y bajo qué condiciones.

Se ha trabajado sobre tres parcelas; 01_CCAr, 02_CCAr y 03-04_CCAr, en lo sucesivo 03_CCAr. En la **Tabla 53** se realiza un resumen de las características generales de las mismas.

Tabla 53. Caracterización de las parcelas. Monte Campo Común de Arriba

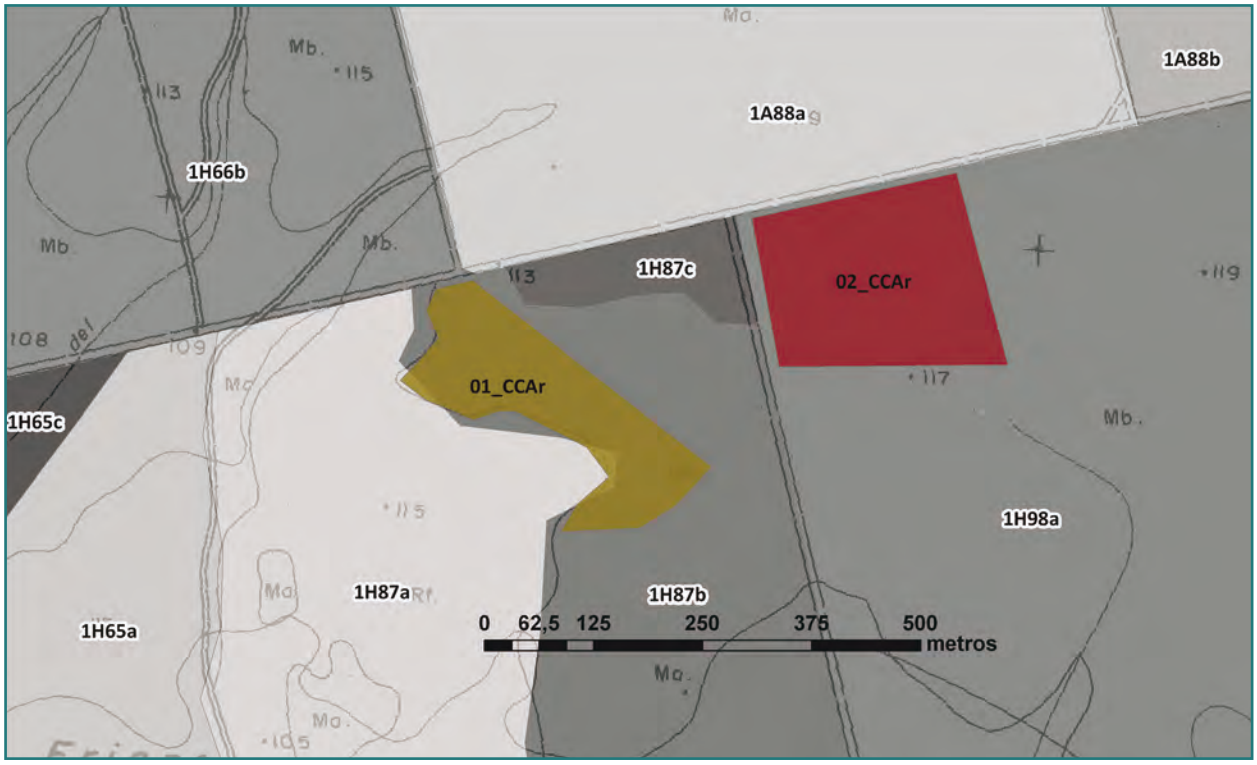
MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	PENDIENTE (%)	PEDREGOSIDAD (%)
Campo Común de Arriba	01_CCAr	3,9	*Pinus pinea*	3	Nula
	02_CCAr	5,0	*Pinus pinea*	3	Nula
	03_CCAr	8,1	*Pinus pinea*	20	Nula

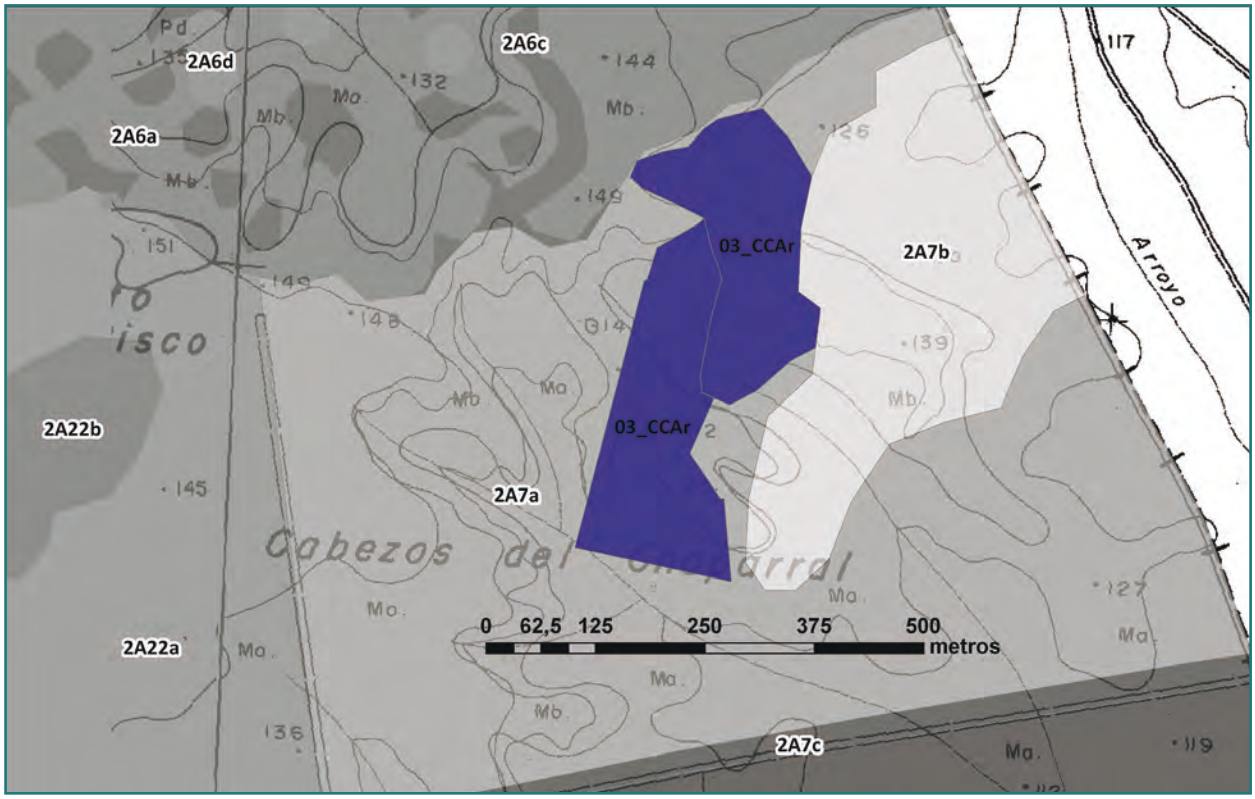
Fuente. Elaboración propia

A continuación se describen las parcelas donde se han efectuado los trabajos.

- ***Parcela 01_CCAr***: Superficie de 3,9 ha. La pendiente media es del 3%. No existe pedregosidad. Durante el desarrollo del proyecto demostrativo la presencia de barro ha sido permanente, pero no influyente. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 500 metros.

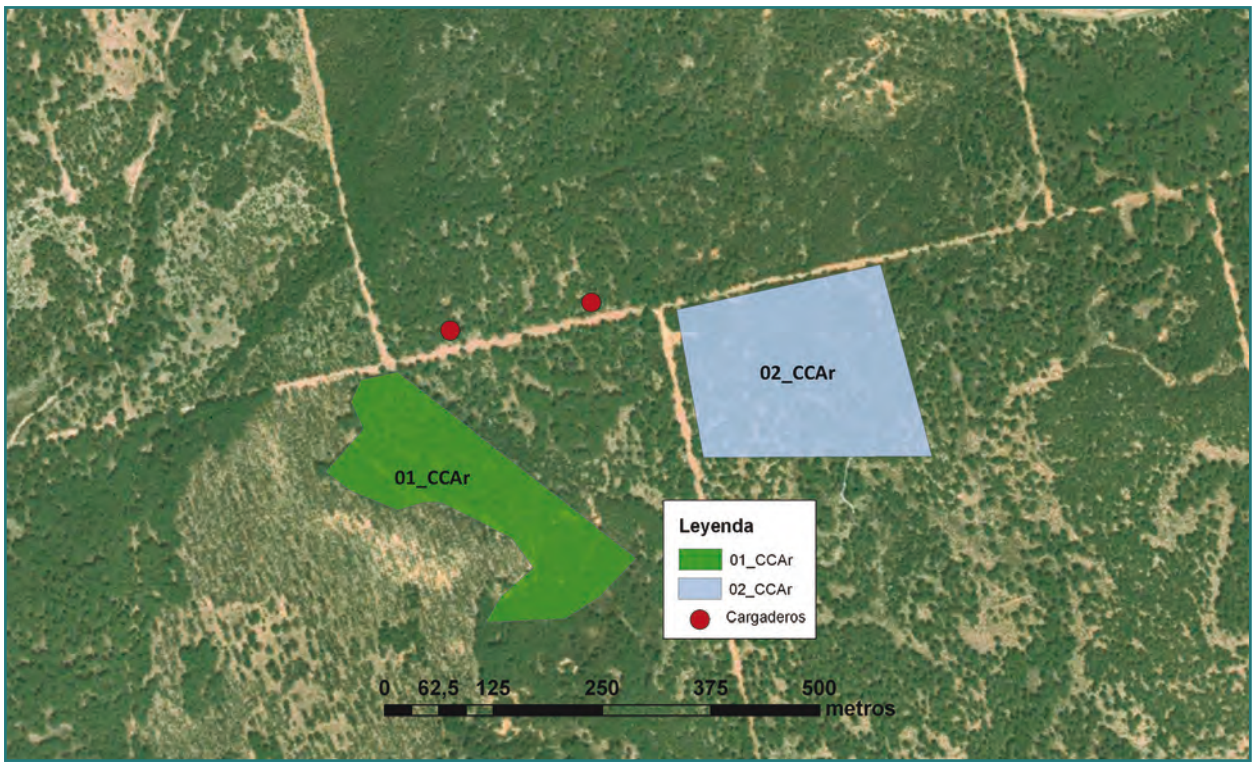
- ***Parcela 02_CCAr:*** Superficie de 5,0 ha. La pendiente media es del 3%. No existe pedregosidad. Durante el desarrollo del proyecto demostrativo la presencia del barro ha sido permanente, pero no influyente. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 500 metros.

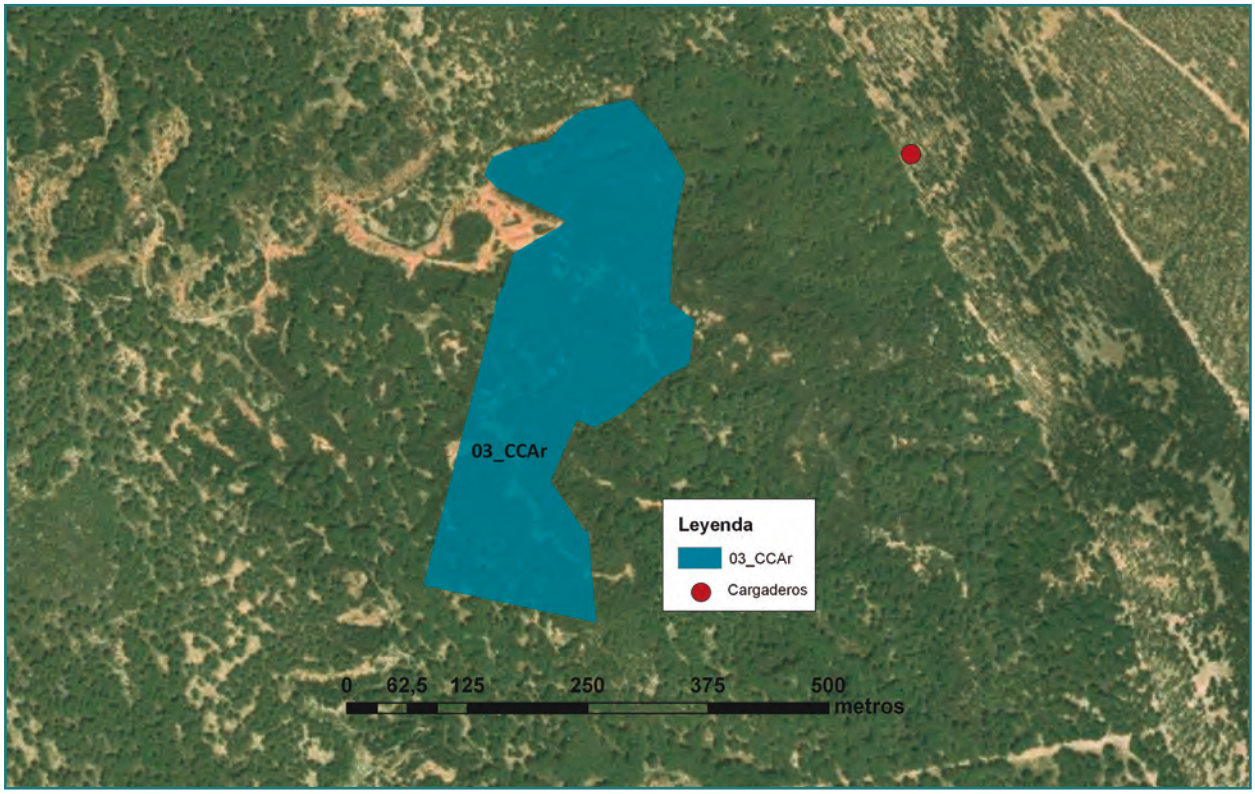




Figuras 63 y 64. Plano de distribución de parcelas en el Monte Campo Común de Arriba

- ***Parcela 03_CCAr:*** Superficie de 8,1 ha. La pendiente media es del 20%, a excepción de determinadas zonas donde existen cárcavas erosionadas con pendiente del 40% al 80%. No existe pedregosidad. El terreno ha estado seco, sin encharcamiento, durante los trabajos demostrativos. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 1.300 metros.





Figuras 65 y 66. Distribución de cargaderos

5.4.2. Metodología: Procedimientos

Los procedimientos de extracción y preparación de la biomasa que se han seguido en cada una de las parcelas se resumen en la **Tabla 54**. De forma general, se ha de indicar que en la ***parcelas 01_CCAr*** y ***02_CCAr***, el procedimiento operativo viene definido por el criterio de generar madera a partir de un diámetro mínimo basal de corta de 22 cm (pies mayores, en adelante), y astilla con los pies de diámetro basal inferior a 22 cm (pies menores) y con las copas de los pies mayores. Por otro lado, en la ***parcela 03_CCAr*** se ha extraído el árbol completo tanto para pies mayores como para pies menores, destinándose íntegramente a biomasa.

5.4.2.1. Apeo

5.4.2.1.1. Apeo manual

En las tres parcelas el apeo ha sido sistemático con motosierra (STIHL 026) según señalamiento previo y estimación de diámetro basal, con corte sin entalladura por el pequeño diámetro de cada pie.

En la ***parcela 1,*** la alta densidad de la masa conlleva frecuentes problemas de pies enganchados en el apeo, por lo que se requiere el concurso de un skidder para destrabar los pies engarbados.

Complementariamente a los trabajos de apeo, y debido al aprovechamiento de madera posterior, ha sido necesario realizar trabajos de desramado, descopado y tronzado sobre los pies mayores, desarrollados en los parques periféricos.

En la ***parcela 2*** la densidad de la masa intervenida no incomoda las labores posteriores de desembosque, por lo que solo es preciso evitar posibles pies trabados y el apeo se realiza prácticamente según la caída natural de cada pie. Al igual que en la ***parcela 1***, los pies mayores se han desramado, descopado y tronzado. En este caso, los trabajos se han llevado a cabo "in situ", en la zona de apeo de los pies.

En la ***parcela 3*** la baja densidad de la masa tampoco ha supuesto problemas. El destino del árbol completo es íntegro a biomasa, por lo que solo se han realizado labores de apeo, sin necesidad de desramar y descopar los pies extraídos, si bien, para facilitar los trabajos de desembosque, los pies mayores han sido tronzados.

5.4.2.2. Desembosque

En la ***parcela 1*** se ha realizado un primer desembosque de los árboles completos desde la zona de apeo hasta los parques periféricos mediante skidder con cable (TECFORM 500Z). Los pies desemboscados se han dispuesto sin apilamiento alguno, es decir, sin solapar ni montar pies para no dificultar las labores posteriores de preparación de madera. En este parque periférico los pies mayores han sido desramados, descopados y tronzados.

Posteriormente, las trozas seleccionadas para madera se han desemboscado hasta el cargadero de madera con tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT). La carga y descarga de las trozas en el mismo, las ha realizado un tractor con brazo móvil (JOHN DEERE 8420).

Los pies menores y las copas de los pies mayores se han astillado en el parque periférico y se ha realizado el posterior desembosque de la astilla mediante tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT) hasta parque de astillado.

En la ***parcela 2*** se ha efectuado el desembosque de trozas maderables con autocargador doble eje (TIMBERJACK 1110C) desde la zona de apeo hasta el cargadero de madera.

Los pies menores y las copas de los pies mayores se han astillado “in situ” en la zona de apeo del pinar, realizándose el posterior desembosque de la astilla mediante tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT) hasta el parque de astillado.

Por último, en la ***parcela 3*** se realiza el desembosque desde la zona de apeo, por curvas de nivel, hasta el parque de astillado con autocargador de semichasis (KOCKUMS 84/35). Los pies extraídos se distribuyen de forma irregular por el pinar intervenido sin una preparación previa para facilitar el desembosque. El espacio disponible bajo la masa de pinar ha sido suficiente para no establecer diseño alguno de apeo en relación al desembosque a realizar.

5.4.2.3. Astillado

En la ***parcela 1*** el astillado se ha realizado en el parque periférico mediante tractor con brazo móvil (JOHN DEERE 8420) con astilladora autoalimentada (LINDANA TP-400) con grúa. La astilla generada vuelca directamente sobre el tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT), que traslada la misma hasta el parque de astillado.

En la ***parcela 2*** este astillado se ha realizado “*in situ*”, en las calles de apeo. Igualmente se emplea tractor con brazo móvil (JOHN DEERE 8420) con astilladora autoalimentada (LINDANA TP-400) con grúa. La astilla generada vuelca directamente sobre el tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT), que traslada la misma hasta el parque de astillado.

En la ***parcela 3*** se ha realizado el astillado del árbol completo en cargadero. Se ha empleado una astilladora (MORBARK) auxiliada por una retroexcavadora con pinza (CATERPILLAR 3420), que carga directamente sobre camión doble carro (VOLVO FM12).

Tabla 54. Resumen de actuaciones. Monte Campo Común de Arriba

PARCELA	MÉTODO	CORTA	DESEMBOSQUE	ASTILLADO
01_CCAr	1MC/AC	Manual selectiva orientado hacia la calle.	Desembosque de árbol completo con skidder y desrame, descopado y tronzado en parque periférico. Desembosque a cargadero único de trozas maderables con tractor de ruedas y tractor de brazo móvil que carga y descarga sobre el primero.	Astillado en parque periférico con astilladora autoalimentada y grúa sobre tractor. Desembosque de astilla a parque de astillado con tractor con remolque.
02_CCAr	2MC/AC	Manual selectiva orientado hacia la calle. Desrame, descopado y tronzado “in situ”.	Desembosque de trozas maderables del lugar de apeo a cargadero con autocargador.	Astillado “in situ” de pies menores y copas de pies mayores con astilladora autoalimentada y grúa sobre tractor. Desembosque de astilla a parque de astillado con tractor con remolque.
03_CCAr	3FC/AC	Manual selectiva orientado hacia la calle.	Desembosque desde zona de apeo a parque de astillado con autocargador por curvas de nivel.	Astillado en parque de astillado con astilladora auxiliada con retroexcavadora. Carga directa sobre camión doble carro.

Fuente. Elaboración propia **MC:** Madera + copa **FC:** Fuste + copa **AC:** Árbol completo (pies menores)

Hay que señalar que los pies menores se extraen con el método de árbol completo (AC), destinándose íntegramente a biomasa, mientras que los pies mayores se separa el fuste de la copa. En el método madera + copa (MC) el fuste es destinado a madera de sierra o industria. Y en el método fuste + copa (FC) el fuste es aprovechado como biomasa junto con la copa.

5.4.3. Resultados

5.4.3.1. Actualización de los datos de inventario

En la **Tabla 55** se muestra la densidad inicial (pies/ha) y el número de pies presentes en cada parcela según los datos del inventario.

Tabla 55. Datos de Inventario. Monte Campo Común de Arriba

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)	Dn MEDIO (cm)	PIES TOTALES
Huelva	Campo Común de Arriba	01_CCAr	3,9	451	20,6	1.758
		02_CCAr	5,0	322	18,3	1.619
		03_CCAr	8,1	778	13,1	6.303

Fuente. Elaboración propia

Para clarificar los valores de rendimientos de manera que todos los resultados obtenidos puedan ser comparables, estos pesos secos están referidos a un porcentaje del 30% de humedad, como se muestra en la **Tabla 56**.

Tabla 56. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica. Valores modulares

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	2,9	4,7	7,5
2	7,5-12,5	18,1	22,2	40,3
3	12,5-17,5	42,0	66,0	108,0
4	17,5-22,5	87,8	129,1	216,8
5	22,5-27,5	154,8	217,2	372,1
6	27,5-32,5	245,8	333,2	579,0
7	32,5-37,5	362,8	478,5	841,4

Fuente. Montero, G. *et al.* (2006) "Producción de biomasa y fijación de $C0_2$ por los bosques españoles". INIA

5.4.3.2. Criterio de corta y señalamiento

A partir de la información procedente del señalamiento, se ha obtenido una biomasa teórica extraída (**Tabla 57**) empleando el diámetro normal del árbol tipo de cada parcela demostrativa y los valores modulares de la especie *Pinus pinea* procedentes del estudio "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles".

En el cálculo de la biomasa que se extrae de cada parcela se ha tenido en cuenta el destino del aprovechamiento. En las ***parcelas 1*** y ***2*** éste es íntegro para biomasa cuando el pie tiene un diámetro basal menor o igual a 22 centímetros; si el diámetro basal es superior a 22 centímetros, el fuste es destinado a madera de sierra o industria y la copa a biomasa. En la ***parcela 3***, el destino del aprovechamiento es íntegro para biomasa, de ahí que aunque el diámetro del pie tipo (**Tabla 55**) sea menor con respecto al resto de las parcelas, el peso final de biomasa extraído por hectárea ha sido mayor, lo que ha estado determinado también por la intensidad de corta.

Tabla 57. Datos de señalamiento. Monte Campo Común de Arriba

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)		% CORTA	PESO EXTRAÍDO[1]	
				INICIAL	FINAL		(kg/pie)	(t/ha)
Huelva	Campo Común de Arriba	01_CCAr	3,9	451	343	24	161,0	17,4
		02_CCAr	5,0	322	245	24	137,9	10,6
		03_CCAr	8,1	778	424	45	103,1	36,2

Fuente. Elaboración propia

[1]Peso (en kg con un 30% de humedad), con destino a biomasa

5.4.3.3. Distribución de tiempos de la maquinaria

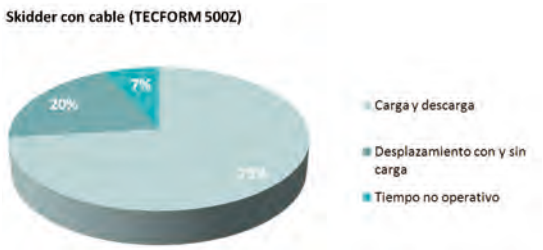
Se ha calculado el tiempo que invierte cada máquina en los procesos en los que interviene con la finalidad de obtener el tiempo operativo real y el porcentaje que dedica a cada operación.

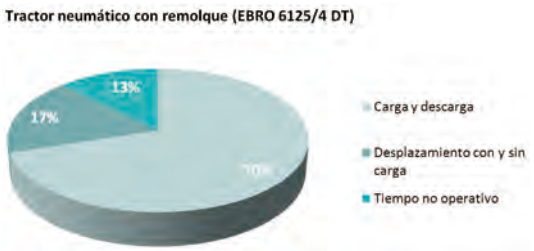
5.4.3.3.1. Parcela 1

Tabla 58. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Campo Común de Arriba

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
01_CCAr	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	181	**Ciclo completo**	**22,3**	**93**
			Carga y descarga	17,6	73
			Desplazamiento con y sin carga	4,7	20
			Tiempo no operativo	**1,7**	**7**
			Total	**24,0**	**100**
	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)_trozas maderables	12	**Ciclo completo**	**3,05**	**100**
			Carga y descarga	2,80	92
			Desplazamiento con y sin carga	0,25	8
			Total	**3,05**	**100**
	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)_astilla	67	**Ciclo completo**	**10,1**	**87**
			Carga y descarga	8,1	70
			Desplazamiento con y sin carga	2,0	17
			Tiempo no operativo	**1,5**	**13**
			Total	**11,6**	**100**
	Tractor con brazo móvil (JOHN DEERE 8420) con astilladora	34	**Astillado**	**7,6**	**65**
			Tiempo no operativo	**4,0**	**35**
			Total	**11,6**	**100**

Fuente. Elaboración propia







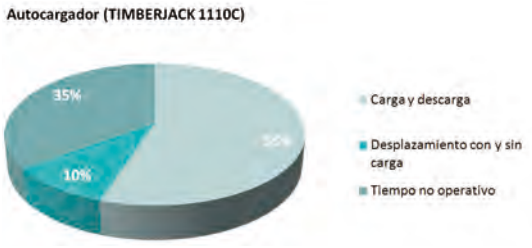
Figuras 67, 68 y 69. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 01_CCAr

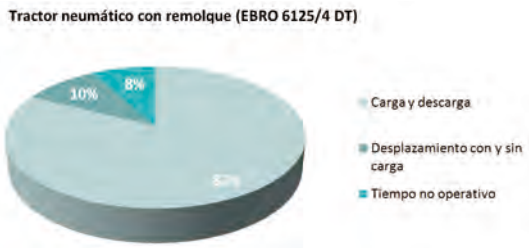
5.4.3.3.2. Parcela 2

Tabla 59. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Campo Común de Arriba

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
02_CCAr	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)	78	**Ciclo completo**	**8,1**	**65**
			Carga y descarga	6,8	55
			Desplazamiento con y sin carga	1,2	10
			Tiempo no operativo	**4,4**	**35**
			Total	**12,5**	**100**
	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)	46	**Ciclo completo**	**5,6**	**92**
			Carga y descarga	5,1	82
			Desplazamiento con y sin carga	0,6	10
			Tiempo no operativo	**0,5**	**8**
			Total	**6,1**	**100**
	Tractor con brazo móvil (JOHN DEERE 8420) con astilladora	30	**Astillado**	**6,2**	**72**
			Otros tiempos	**2,4**	**28**
			Total	**8,6**	**100**

Fuente. Elaboración propia







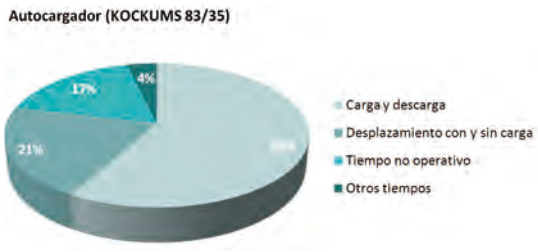
Figuras 70, 71 y 72. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 02_CCAr

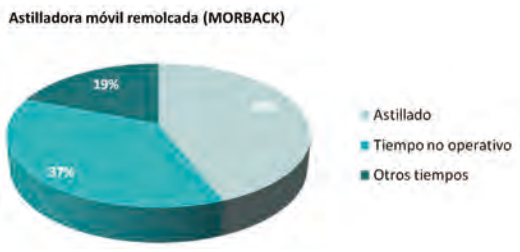
5.4.3.3.3. Parcela 3

Tabla 60. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Campo Común de Arriba

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
03_CCAr	Autocargador de semichasis (KOCKUMS 84/35)	608	**Ciclo completo**	**120,2**	**79**
			Carga y descarga	88,7	58
			Desplazamiento con y sin carga	31,6	21
			Tiempo no operativo	**26,8**	**18**
			Otros tiempos	**5,7**	**4**
			Total	**152,8**	**100**
	Astilladora móvil remolcada (MORBARK)	30	**Astillado**	**15,4**	**44**
			Tiempo no operativo	**13,0**	**37**
			Otros tiempos	**6,7**	**19**
			Total	**35,1**	**100**

Fuente. Elaboración propia





Figuras 73 y 74. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 03_CCAr



5.4.3.4. Desembosque

En la **Tabla 61** se presentan los resultados de distancias medias recorridas por la maquinaria, el rendimiento (medio, mínimo y máximo) obtenido y el coste por hectárea y tonelada, así como la pendiente media de trabajo en los trabajos de desembosque.

Tabla 61. Resultados de los datos de desembosque. Monte Campo Común de Arriba

PARCELA	MÁQUINA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO						COSTE MEDIO	
				(pies/h)			(t/h)				
				MED	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
01_CCAr	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	78	3%	20	10	40	3,2	1,6	6,4	453	26
	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)_trozas maderables	333	3%	35	32	38	4,7	4,3	5,1	107	10
	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)_astilla	263	3%	48	22	88	7,7	3,5	14,2	103	6
02_CCAr	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)_trozas maderables	27	3%	45	20	92	6,1	2,7	12,4	89	16
	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)_astilla	245	3%	51	32	77	7,0	4,4	10,6	69	7
03_CCAr	Autocargador de semichasis (KOCKUMS 84/35)	679	20%	17	6	36	1,8	0,6	3,7	1998	55

Fuente. Elaboración propia

Por otro lado para cada tipo de maquinaria se ha obtenido un rendimiento medio en condiciones óptimas y bajo alguno de los factores limitantes (**Tabla 62**).

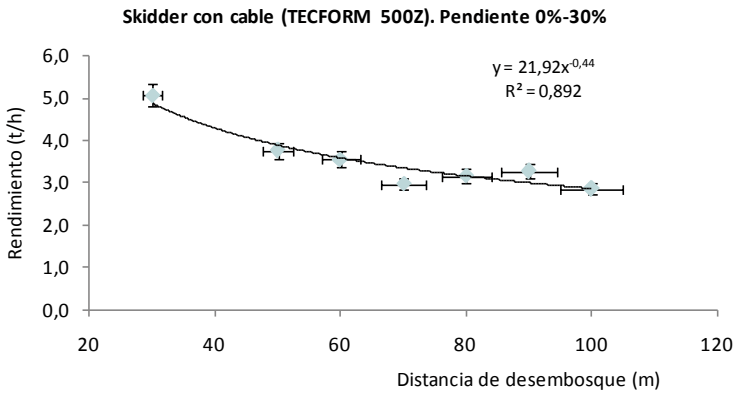
Tabla 62. Rendimiento medio según condiciones. Monte Campo Común de Arriba

PARCELA	MÁQUINA	Nº CICLOS	SITUACIÓN	TIEMPO (h)	Nº PIES	RENDIMIENTO	
						(pies/h)	(t/h)
01_CCAr	Skidder (TECFORM 500Z)	44	Todos	22,3	429	20	3,2
		44	Óptimo	22,3	429	20	3,2
			No favorable				
	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)_trozas maderables	3	Todos	3,1	108	35	4,7
		3	Óptimo	3,1	108	35	4,7
			No favorable				
	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)_astilla	16	Todos	10,1	425	48	7,7
		15	Óptimo	8,9	397	50	8,1
		1	No favorable	1,3	28	22	3,5
02_CCAr	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)	18	Todos	8,1	314	45	6,1
		18	Óptimo	8,1	314	45	6,1
			No favorable				
	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)	11	Todos	5,6	277	52	7,2
		1	Óptimo	0,5	26	52	7,2
		10	No favorable	5,1	251	51	7,0
03_CCAr	Autocargador de semichasis (KOCKUMS 84/35)	134	Todos	120,2	1.923	17	1,8
		125	Óptimo	112,7	1.805	17	1,8
		9	No favorable	7,6	118	16	1,6

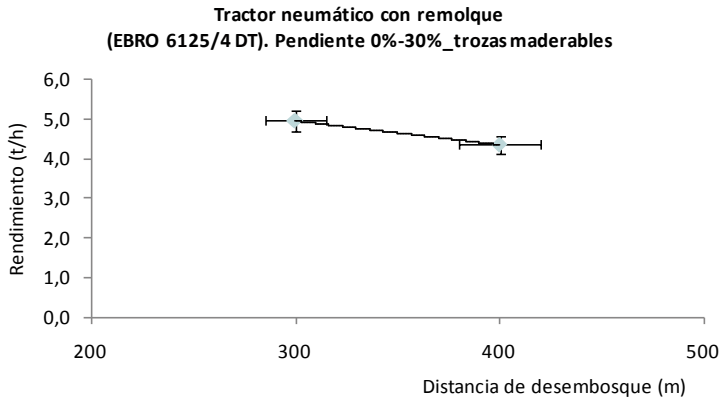
Fuente: Elaboración propia

Puede observarse en las siguientes gráficas cómo disminuye el rendimiento (t/h) según aumenta la distancia de desembosque.

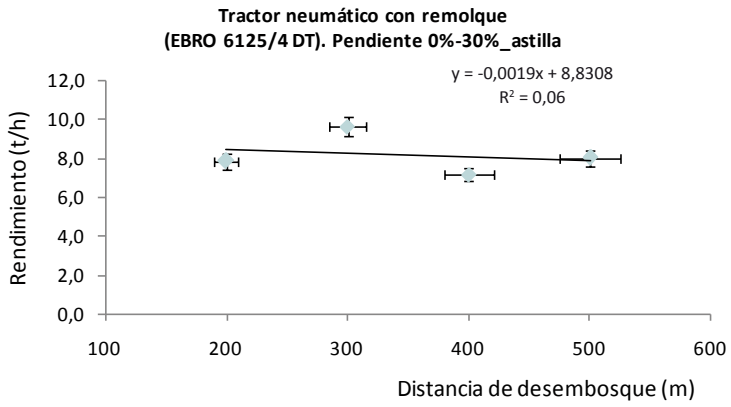
5.4.3.4.1. Parcela 1



Figuras 75. Gráfico de dispersión. Parcela 01_CCAR. Condiciones óptimas. n = 7

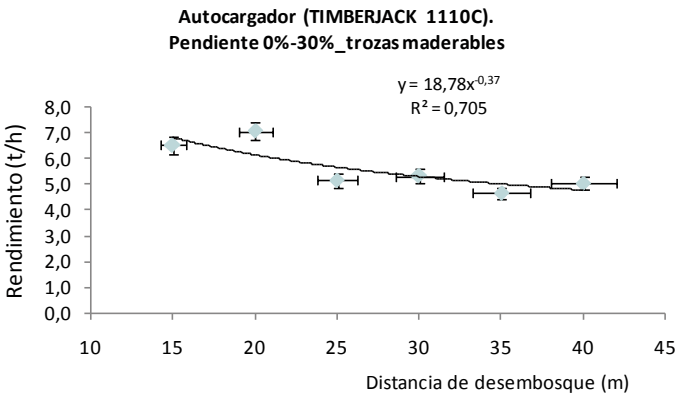


Figuras 76. Gráfico de tendencia. Parcela 01_CCAR. Condiciones óptimas. n = 2

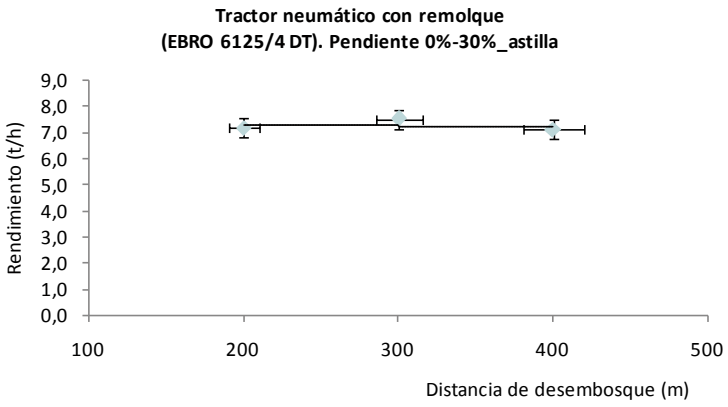


Figuras 76. Gráfico de tendencia. Parcela 01_CCAR. Condiciones óptimas. n = 4

5.4.3.4.2. Parcela 2



Figuras 78. Gráfico de dispersión. Parcela 02_CCAR. Condiciones óptimas. n = 6



Figuras 79. Gráfico de tendencia. Parcela 02_CCAR. Condiciones desfavorables. n = 3

5.4.3.4.3. Parcela 3

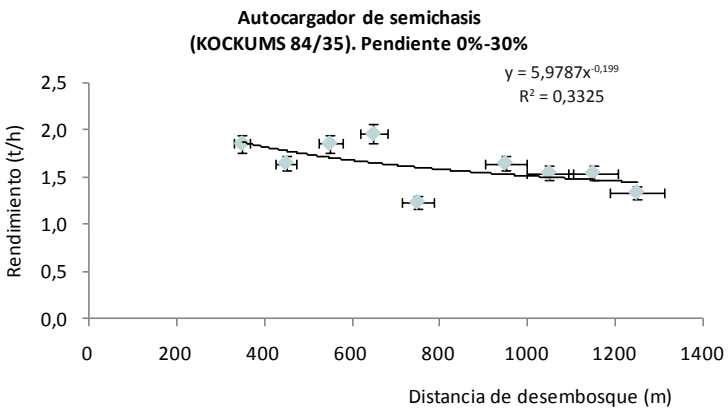


Figura 80. Gráfico de tendencia. Parcela 03_CCAr. Condiciones óptimas. n = 9

Tabla 63. Rendimiento (t/h) en función de la distancia de desembosque (m) y la pendiente. Monte Campo Común de Arriba

PARCELA	MÁQUINA	DISTANCIA MEDIA (m)	PENDIENTE MEDIA (%)	DISTANCIA (m)	RENDIMIENTO (t/h)			Nº CICLOS	ECUACIÓN[1]	R^2
					MED	MIN	MAX			
01_CCAr	Skidder (TECFORM 500Z)	78	3%	30-100	3,2	1,6	6,4	44	Rendimiento (t/h)= 21,92 * $D^{-0,443}$	0,892
	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)_trozas maderables	333	3%	300-400	4,7	4,3	5,1	3		
	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)_astilla	263	3%	100-500	6,8	3,5	14,2	16		
02_CCAr	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)	15	3%	15-50	6,1	2,7	12,4	18	Rendimiento (t/h)= 18,786 * $D^{-0,372}$	0,706
	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)	245	3%	100-400	7,0	4,4	10,6	11		
03_CCAr	Autocargador de semichasis (KOCKUMS 84/35)	679	20%	350-750	1,9	0,6	3,7	103		
				750-1000	1,4	1,0	2,1	7		
				1000-1300	1,3	0,6	2,6	24		

Fuente. Elaboración propia

[1] **D:** distancia de desembosque (m)



5.4.3.5. Astillado

En la **Tabla 64** se presentan los resultados obtenidos para el astillado: el rendimiento medio y el coste por hectárea y tonelada.

Tabla 64. Rendimiento (t/h) en las operaciones de astillado. Monte Campo Común de Arriba

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO		COSTE	
		(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
01_CCAr	Tractor con brazo móvil (JOHN DEERE 8420) con astilladora (LINDANA TP-400)	56	9,0	124	7
02_CCAr	Tractor con brazo móvil (JOHN DEERE 8420) con astilladora (LINDANA TP-400)	65	9,0	76	7
03_CCAr	Astilladora móvil remolcada (MORBARK) auxiliada por retroexcavadora	213	22,0	237	7

Fuente. Elaboración propia



5.4.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos

En la **Tabla 65** se presenta un resumen de todos los datos estudiados con anterioridad mostrando una síntesis para cada uno de los procedimientos.

Tabla 65. Rendimiento (t/h) y costes de extracción aprovechamiento biomasa forestal. Monte Campo Común de Arriba

PARCELA	MÉTODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
01_CCAr	1MC/AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	1,9	12	61
		Desembosque a parque periférico	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	3,2	26	
		Astillado en parque periférico	Tractor con brazo móvil (JOHN DEERE 8420) con astilladora (LINDANA TP-400)	9,0	7	
		Desembosque de trozas maderables	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)	4,7	10	
		Desembosque de astilla a parque de astillado	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)	7,7	6	
02_CCAr	2MC/AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	1,7	14	44
		Astillado "*in situ*"	Tractor con brazo móvil (JOHN DEERE 8420) con astilladora (LINDANA TP-400)	9,0	7	
		Desembosque de trozas maderables	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)	6,1	16	
		Desembosque de astilla a parque de astillado	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)	7,0	7	
03_CCAr	3FC/AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	1,2	19	81
		Desembosque hasta parque de astillado	Autocargador de semichasis (KOCKUMS 84/35)	1,8	55	
		Astillado	Astilladora (MORBARK) auxiliada por retroexcavadora	22,0	7	

Fuente. Elaboración propia **MC:** Madera + copa **FC:** Fuste + copa **AC:** Árbol completo (pies menores)

De la comparación entre el ***método 2MC/AC*** y el ***método 1MC/AC***, este último resulta más costoso económicamente al verse influenciado por la incorporación del desembosque previo hasta los parques periféricos establecidos. La elección de uno u otro método dependerá, entre otros criterios de la espesura del vuelo a cortar. Bajo cubiertas de alta densidad, los procesos operativos se encarecen por la realización de desembosques previos que permitan la apertura de espacios para la maquinaría interviniente, además de destrabar los pies del apeo.

El alto coste del ***método 3FC/AC*** está determinado por el coste del desembosque realizado por el autocargador de semichasis (KOCKUMS 84/35). Una razón de ello es que los pies apeados se distribuyeron de forma irregular a lo largo del pinar intervenido, sin colocación previa. Pese a la existencia de espacio disponible bajo la masa de pinar para la movilidad del autocargador por la misma, este hecho hace incrementar el tiempo de desplazamiento. Como se puede comprobar en las **Tablas 59** y **60**, el tiempo dedicado al desplazamiento en la ***parcela 03_CCAr*** es mayor que el dedicado en la ***parcela 02_CCAr***, variando de un 15% a un 26% del tiempo del ciclo completo, respectivamente. Asimismo, el tiempo de desplazamiento también se ve incrementado en buena medida por existir una mayor distancia de desembosque con respecto al resto de parcelas (**Tabla 63**).

5.5. Jaén: Los Engarbos

5.5.1. Localización: Área de actuación

El monte Los Engarbos (JA-10182-JA) está ordenado junto al monte El Puerco (JA-10135-JA), Las Torrecillas (JA-10177-JA) y Agüillas (JA-10201-JA) en el término municipal de Montizón; y Las Beatas (JA-10130-JA), El Dehesón (JA-10126-JA), y La Dehesilla (JA-10143-JA) en el término municipal de Chiclana de Segura. La cabida ordenada es de 9.446,69 ha, obtenida ésta por digitalización. El 35,4% de estos montes se ubica en el término municipal de Montizón y el 64,6% en el de Chiclana de Segura.



Figura 81. Croquis de situación

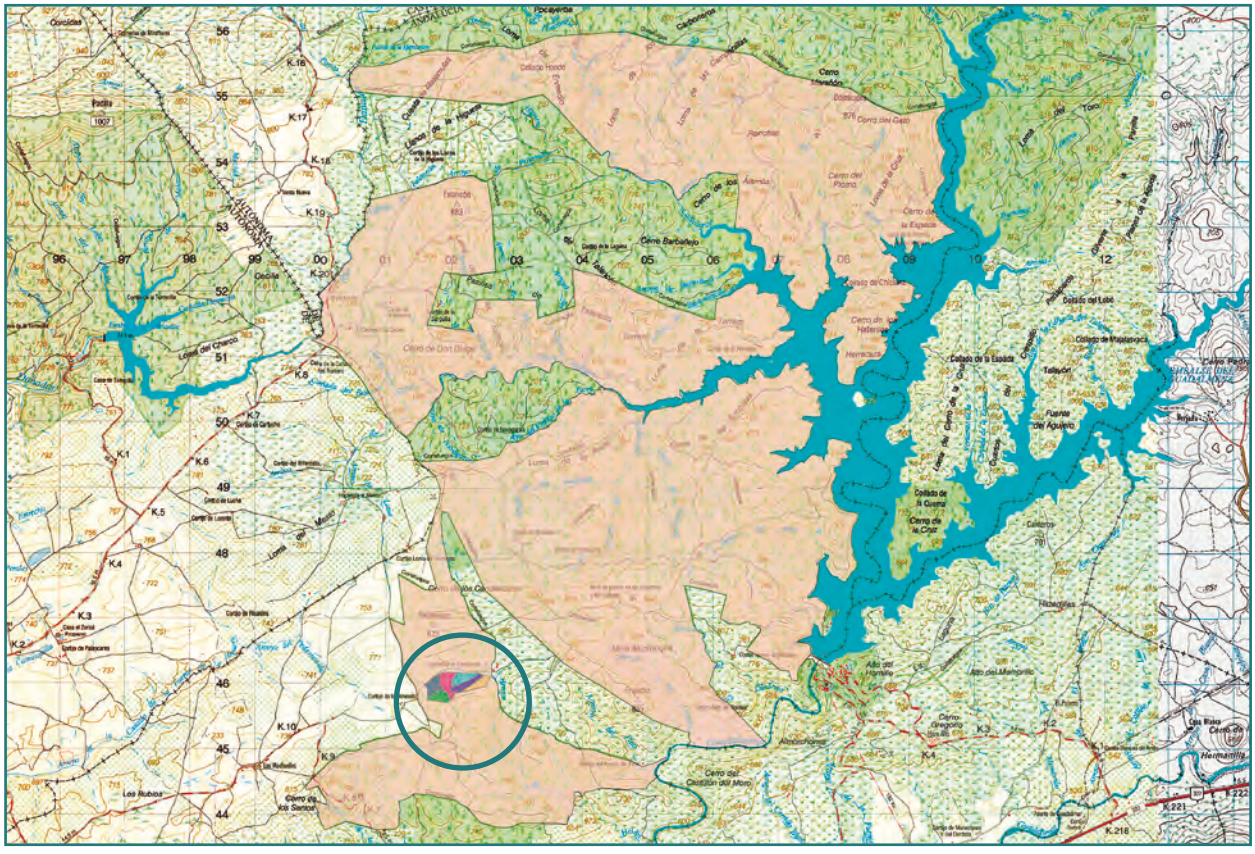


Figura 82. Monte Los Engarbos y Las Beatas

La altitud máxima es de 1.000 m y la mínima de 500 m; el intervalo dominante de pendiente es de menos del 35%. El 53% de la superficie está orientada a solana y el 40% a umbría. Está situado en el margen derecho del Río Guadalimar, afluente del Guadalquivir y todos los arroyos que lo surcan son de régimen temporal, excepto el río Guadalmena y un tramo del arroyo de Verdiales que son permanentes; los embalses de Guadalmena y Dañador hacen de límites de los montes.

El clima es Mediterráneo (piso termomediterráneo) con una precipitación media anual de 560 mm (ombroclima seco) y una temperatura media anual de 15 ºC; no existe ningún mes con riesgo de helada segura; la vegetación no detiene su crecimiento durante todo el año, disminuyendo en los meses secos: junio, julio, agosto, y septiembre. Domina la serie mesomediterránea luso-extremadurense seco-subhúmeda silicícola de la encina (*Quercus rotundifolia*): *Pyro bourgaeanae-Querceto rotundifolia S*.

Los suelos más abundantes son luvisoles, leptosoles y regosoles sobre pizarras, esquistos y cuarcitas (rocas metamórficas). De la totalidad de la superficie el 58% lo ocupa los pinares de *Pinus pinea*, el 19% pinares de *P. pinaster* y el 9% corresponde a pinares mixtos de ambas especies. Existe otro 9% ocupado por mezcla de *Pinus* y *Quercus*. La cabida restante (5%), está ocupada por jarales, reducidas superficies de pastizal, formaciones rocosas y una superficie rasa incendiada en el verano del 2004, de 99,5 ha.

Como se indica en el Plan General perteneciente al "PROYECTO DE ORDENACIÓN DE LOS MONTES EL PUERCO (JA-10135-JA), LAS TORRECILLAS (JA-10201-JA) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTIZÓN, LAS BEATAS (JA-10130-JA), EL DEHESÓN (JA-10126-JA), LOS ENGARBOS (JA-10182-JA) y LA DEHESILLA (JA-10143-JA) EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE CHICLANA SE SEGURA", las cortas de la masa van encaminadas a la mejora de su estado vegetativo; de esta forma, la producción maderera no es la finalidad principal, sino que su extracción responde al objetivo de persistencia y estabilidad de la masa que se ordena y pretende orientar los productos que potencialmente se obtendrán. Este proyecto fue aprobado en el año 2008, con un periodo de vigencia de 10 años.

Se han establecido 6 parcelas demostrativas dentro de un único cantón representativo, con el mismo criterio de corta pero con distintas características de orografía y distancias de saca con el fin de poder comparar metodologías y maquinaria para áreas de similares características dasométricas. Las cortas se realizarán sobre pies de diámetros pequeños de *Pinus pinea* y *Pinus pinaster* y cuando éstos son más grandes corresponden principalmente a pies de *Pinus pinaster*. Por ello se han considerado todas las cortas como clareos, de los que no se obtiene ningún aprovechamiento comercial, si bien servirá para analizar las posibilidades de obtener biomasa con los medios tanto manuales como mecánicos más rentables.

El éxito de la obtención de productos forestales, madera o biomasa, está supeditado a la accesibilidad a los rodales objeto de tratamiento, a las distancias de saca y desembosque a los que hay que someter a los productos y a las posibilidades de acceso a maquinaria pesada o a elementos de transporte de dimensiones adecuadas. Es por ello que se han realizado una serie de actividades complementarias a la actuación de manera previa a los trabajos, tales como el escarificado de la pista y la poda de pies para el acceso de los vehículos, la reconstrucción de taludes y la corrección de jorros y vías de saca.

En la **Tabla 66** se realiza un resumen de las características generales de las parcelas de actuación.

Tabla 66. Caracterización de las parcelas. Monte Los Engarbos

MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	PENDIENTE (%)	PEDREGOSIDAD (%)	ORIENTACIÓN DOMINANTE	OBSERVACIONES
Los Engarbos	1_Engarbos	4,5	*Pinus pinea*	50	10	Umbría	Aterrazado
	2_Engarbos	4,6	*P. pinea*	40	10	Umbría	Aterrazado
	3_Engarbos	4,9	*P. pinea*	30	10	Umbría	-
	4_Engarbos	6,7	*P. pinea*	20	10	Umbría	-
	5_Engarbos	4,3	*P. pinea*	10	10	Umbría	Acaballonado
	6_Engarbos	5,3	*P. pinea*	0	Nula	Umbría	Acaballonado

Fuente. Elaboración propia

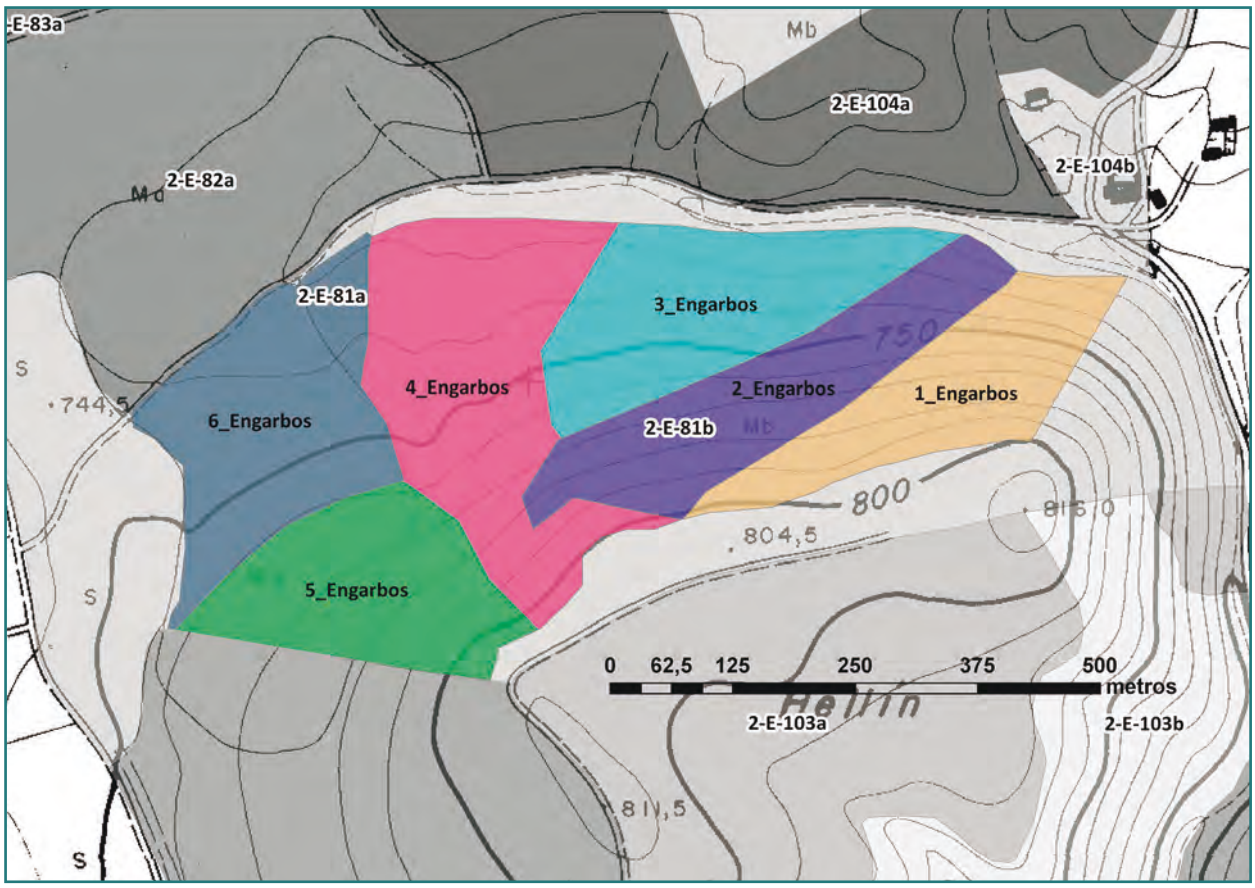


Figura 83. Plano de distribución de parcelas en el monte Los Engarbos

A continuación se describen las parcelas donde se han efectuado los trabajos.

- ***Parcela 1_Engarbos:*** Superficie de 4,5 ha. La pendiente media supera el 50%, aunque está aterrazada. La pedregosidad es del 10%. Durante el desarrollo del demostrativo la presencia de barro ha sido permanente. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 500 metros. La presencia de encinas es muy abundante lo que obliga a tener especial cuidado en la ejecución del desembosque.

  La especie objeto del aprovechamiento ha sido el pino piñonero (*Pinus pinea)* de 40 años de edad con una morfología de la copa de tipo piramidal y alta presencia de ramas bajas. De acuerdo con el Proyecto de Ordenación, la ***parcela 1*** cuenta con los siguientes valores dasométricos (compartidos con las parcelas 2, 3 y 4): 727 pies/ha, con 335 pies/ha con diámetro inferior a 12 cm, 377 pies con diámetro entre 12 y 20 cm, y 15 pies entre 20 y 30 cm.

- ***Parcela 2_Engarbos:*** Superficie de 5,1 ha. La pendiente media oscila entre el 30% y el 50%, aunque está aterrazada. La pedregosidad es del 10%. Durante el desarrollo del demostrativo la presencia del barro ha sido permanente. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 600 metros. Especie y características dasométricas como en la ***parcela 1***.

- ***Parcela 3_Engarbos:*** Superficie de 4,9 ha en la que la pendiente media es del 30% y la pedregosidad es del 10%. Durante el desarrollo del demostrativo la presencia del barro y charcos ha sido permanente. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 500 metros. Especie y características dasométricas como en la ***parcela 1***.

- ***Parcela 4_Engarbos:*** Superficie de 6,7 ha, con una pendiente media del 20% y un 10% de pedregosidad. Durante el desarrollo del demostrativo la presencia del barro y charcos ha sido permanente. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 500 metros. Especie y características dasométricas como en la ***parcela 1***.

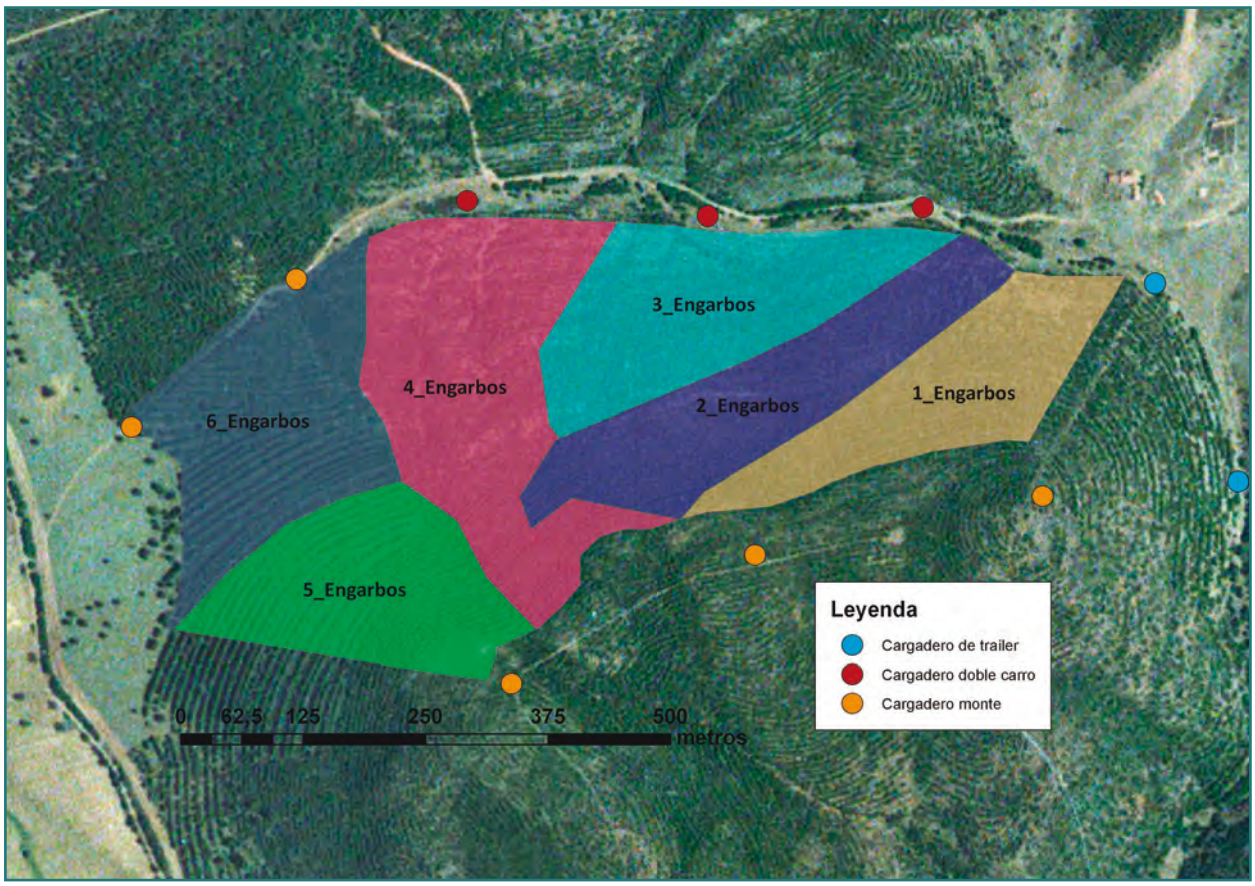


Figura 84. Plano de distribución de parcelas en el monte Los Engarbos

- ***Parcela 5_Engarbos:*** Superficie de 4,3 ha. Se ubica en una zona con escasa pendiente, aproximadamente de un 10%, con un 10% de pedregosidad. Durante el desarrollo del demostrativo la presencia del barro y charcos ha sido permanente. Esta parcela tiene la particularidad de que se efectuó un acaballonado durante la fase de repoblación. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 500 metros de la parcela.

  La especie objeto del aprovechamiento ha sido el pino piñonero (*Pinus pinea)* de 40 años de edad con una morfología de la copa de tipo piramidal y alta presencia de ramas bajas. De acuerdo con el Proyecto de Ordenación, la ***parcela 5*** cuenta con los siguientes valores dasométricos (compartidos con la ***parcela 6***): 705 pies / ha, con 208 pies/ha con diámetro inferior a 12 cm, 383 pies con diámetro entre 12 y 20 cm, y 114 pies entre 20 y 30 cm.

- ***Parcela 6_Engarbos:*** Superficie de 5,3 ha, sin apenas pendiente y sin pedregosidad. Durante el desarrollo del demostrativo la presencia del barro y charcos ha sido permanente. Esta parcela tiene la particularidad de que se efectuó un acaballonado durante la fase de repoblación. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 400 metros de la parcela.

  La especie objeto del aprovechamiento ha sido el pino piñonero (*Pinus pinea)* de 40 años de edad con una morfología de la copa de tipo piramidal y alta presencia de ramas bajas. Durante la repoblación se implantó también una fila de pino negral (*Pinus pinaster)* alternada a las de pino piñonero, pero apenas quedan pies de pino negral debido a la mala implantación de esta especie, achacable a problemas sanitarios. Esto da lugar a la presencia de calles naturales que permiten el tránsito de maquinaria pesada.

Por último, indicar que otras actividades complementarias a la actuación, pero posteriores a los trabajos, han sido la reconstrucción de cauces y caminos alterados por el paso de la maquinaria pesada y la limpieza de cargaderos de ramas pequeñas no astillables.

5.5.2. Metodología: Procedimientos

Los procedimientos de extracción y preparación de la biomasa que se han seguido en cada una de las parcelas se resumen en la **Tabla 67**.

5.5.2.1. Apeo

5.5.2.1.1. Apeo manual

En la ***parcela 1*** el apeo ha sido sistemático con motosierra (STIHL 026). Se corta una calle de cada tres y un pie de cada tres en las otras dos calles, salvo cuando hay presencia de encinas: en este caso se corta el 100% de los pinos en un radio de 6 metros. El corte ha sido sin entalladura por el pequeño diámetro de cada pie. El apeo es dirigido en línea perpendicular a la terraza o calle de plantación.

Se ha procedido de forma análoga en la ***parcela 3*** y en la ***parcela 4***. Sin embargo, con el objetivo de efectuar la saca con autocargador, en la ***parcela 3*** la apertura de calles se ha hecho según líneas de máxima pendiente de 4 metros de anchura cada 14 metros, y en la ***parcela 4*** la apertura de calles ha sido según curvas de nivel.

En la ***parcela 5*** se ha desarrollado tanto apeo manual como mecanizado. Inicialmente estaba previsto el uso exclusivo del tractor de alta estabilidad con cizalladora, pero la presencia de caballones inundados provocó atascos y pérdidas de producción, por lo que se optó por terminar la parcela mediante apeo manual con motosierra, en menos de un 5% de la zona a apear.

5.5.2.1.2. Apeo mecanizado

En las ***parcelas 2 y 5***, la corta mecanizada se ha realizado con un tractor de alta estabilidad con cizalladora, desarrollado por la empresa SEFOSA, modelo Limfor. El apeo ha sido sistemático (una calle de cada tres y un pie de cada tres en las otras dos calles). En los emplazamientos con presencia de encinas se ha cortado el 100% de los pinos en un radio de 6 metros a partir de los ejemplares de frondosas, con la finalidad de su puesta en luz. El apeo se ha dirigido según la línea perpendicular a la terraza o calle de plantación. El apilado de pies se ha realizado en dirección a la línea de saca, en paquetes de 6 a 8 pies.

A diferencia del caso anterior, en donde se ha trabajado con el método de árbol completo, en la ***parcela 6*** se ha desarrollado el método de *fuste + copa* empleando una procesadora (TIMBERJACK 1210) que se desplaza por las calles inicialmente ocupadas (en la implantación de la repoblación) por *Pinus pinaster*. La corta ha sido sistemática, cortando pies alternos.

La madera (dos trozas de 2,12 m) y la copa han sido depositadas de forma separada a un lado y otro de la calle a fin de facilitar el desembosque posterior. En el avance de los trabajos se sustituyó la procesadora por el apeo manual con motosierra, debido a la imposibilidad de mecanizar la corta por la alta densidad de encinas y matorral mediterráneo. Aún así, la procesadora ha trabajado en un 92% de la superficie de la parcela.

5.5.2.2. Desembosque

En la ***parcela 1*** la reunión de los pies y el desembosque de los mismos se ha realizado con skidder con cable (TIMBERJACK 120). Como consecuencia de las continuas lluvias, el skidder patinaba constantemente por lo que hubo de ser sustituido por un tractor oruga (FIAT). El skidder ha actuado en un 22% de la superficie de la parcela. Como vías de saca se han usado las terrazas cortadas y una faja cortafuegos anexa a la parcela. Sobre los tiempos de trabajo (especialmente la reunión de los pies) ha influido de manera determinante la presencia de encinas y matorral mediterráneo.

Para facilitar los posteriores trabajos de astillado, un autocargador (TIMBERJACK 1110C) ha reapilado el material, procediendo según las siguientes operaciones: apilado, colocación de pies y eliminación de los restos de piedras y tierra.

En el caso del skidder con cable (TIMBERJACK 120) ha sido posible establecer un modelo de regresión que relaciona la distancia de desembosque (m) y el rendimiento (t/h). Como se puede apreciar en las **Figuras 85** y **86** el rendimiento disminuye conforme aumenta la distancia de desembosque.

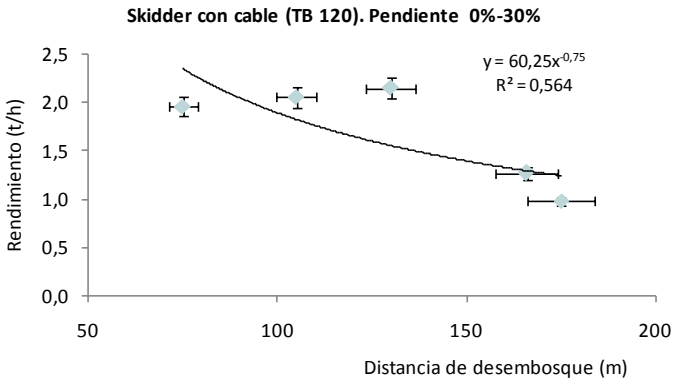


Figura 85. Gráfico de dispersión. Parcela 1_Engarbos. n = 5

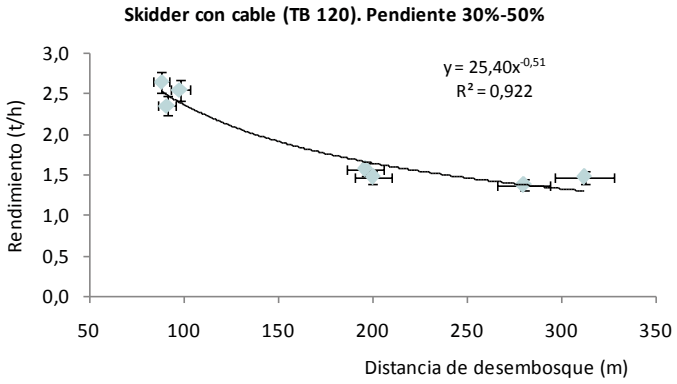


Figura 86. Gráfico de dispersión. Parcela 1_Engarbos. n = 7

En la ***parcela 2*** el desembosque se realiza en tres fases. La primera ha consistido en reunir los pies en una vía de saca mediante tractor oruga (FIAT 120) que ha circulado por las terrazas libres de árboles.

En la segunda fase interviene un skidder grapa (CATERPILLAR 545) que deposita los pies en la pista. La tercera es realizada por un autocargador (JOHN DEERE 1010) que ha conducido los pies hasta cargadero donde los apila convenientemente para el astillado. Esta última operación de reapilado es necesaria para limpiar los árboles apeados de barro y pequeños cantos rodados que en caso contrario pasarían a la astilladora. El autocargador dispone los pies en cargadero de tráiler final, de forma que la astilla no requiera de manipulación posterior al astillado.

En esta parcela únicamente se ha conseguido un modelo que explique los datos en el caso del skidder grapa. En la **Figura 87** se puede observar que el rendimiento disminuye notablemente en el intervalo de distancia comprendido entre 0 y 200 metros, estabilizándose a partir de los 400 metros.

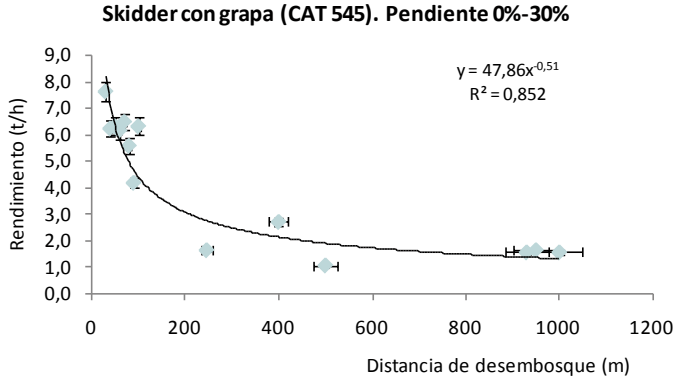


Figura 87. Gráfico de dispersión. Parcela 2_Engarbos. n = 14

En las ***parcelas 3 y 4*** el desembosque se realiza mediante autocargador (JOHN DEERE 1010), que se desplaza por líneas de máxima pendiente (***parcela 3***) y curvas de nivel (***parcela 4***), según las calles abiertas durante la corta. Eventualmente, y debido a las intensas lluvias que han impedido el acceso del autocargador por la presencia de abundante barro, se ha empleado el tractor oruga para la reunión de los pies en vía de saca. Con ello se reducen los tiempos de desembosque y se acorta el plazo de ejecución, pero se incrementa el precio de la operación de la saca.

Para el desembosque de las ***parcelas 5 y 6*** se emplea un autocargador (TIMBERJACK 1110C) desplazándose por las calles de corta.

5.5.2.3. Astillado

En la ***parcela 1*** se realiza el astillado con la astilladora (DUTCH DRAGON 1410) de 500 CV sobre autocargador (TIMBERJACK 1410B). Esta máquina vierte la astilla sobre un contenedor accionado por un tractor agrícola de gomas. El resultado del astillado es una astilla heterogénea, con alta presencia de acículas y ramilletes enteros, ya que la prueba se realiza sin criba (que mejoraría la astilla en tamaño y homogeneidad). La mesa de entrada y el rodillo compresor permiten procesar todo tipo de pies, incluso bifurcados, torcidos y pies gruesos sin limitación y sin dejar restos.

En la ***parcela 2*** se emplea la astilladora (LINDANA TP-270) suspendida en tractor (VALTRA T161) y autoalimentada. Esta astilladora cuenta con la ventaja de su movilidad en el cargadero, pero a cambio no admite fustes retorcidos, diámetros superiores a 30 cm o presencia de ramas gruesas, por lo que este tipo de material debe cortarse previamente con motosierra. Las pilas de astilla deben remontarse para que no ocupen mucho espacio. La astilla resultante es muy fina y homogénea, aunque quedan abundantes ramas de pequeño tamaño en el cargadero, lo que se debe tener en cuenta en relación con el riesgo de incendio o la incidencia de plagas o contaminación de la astilla.

En la ***parcela 3*** se utiliza la astilladora (MORBARCK M18 Hurricane), sobre chasis de ruedas y remolcada. La giratoria (CATERPILLAR 307C), dotada de yugo de acople, rotador indexator (GV12) y grapa forestal pequeña, ha alimentado la astilladora. La astilladora es remolcada por la giratoria, cuya velocidad de traslación es de 1 km/h aproximadamente. La presencia de barro puede limitar su movilidad, ya que la giratoria es de poco peso y patina con facilidad.

El tamaño de la astilla es muy irregular debido a la ausencia de criba. Es sensible a la presencia de pequeñas piedras, debiendo cambiar hasta dos veces las cuchillas al día. La mesa de entrada y el rodillo de arrastre permiten el astillado de todo tipo de pies.

En la ***parcela 4*** se han empleado las dos astilladoras utilizadas en las ***parcelas 1*** y ***3***, pero haciéndolo en dos épocas distintas del año. La astilladora (MORBARCK M18 Hurricane) ha sido empleada en diciembre, con los pies en verde, dejando la astilla amontonada. La astilladora (DUTCH DRAGON 1410) ha actuado en marzo con los pies apilados y semi-secos. En el primer caso (astillado en diciembre) se han detectado procesos de fermentación en la astilla, lo que supone una merma significativa en su calidad energética; además, la astilla ha absorbido una gran cantidad de agua procedente de la lluvia y nieve. En el segundo caso, se observó que los pies enteros no aumentaron apreciablemente su contenido en humedad.

En la ***parcela 5*** se han realizado dos tipos de astillado. Con la astilladora (DUTCH DRAGON 1410) de 500 CV, sobre autocargador (TIMBERJACK 1410B), se ha efectuado un astillado en marzo con los pies debidamente apilados y semi-secos. Como ya ocurrió en la parcela anterior, el agua de precipitación que han recogido los pies enteros se ha eliminado fácilmente y no aparece en la astilla. La astilladora se desplaza rápidamente de pila a pila, no existiendo un punto de acopio único, sino varios lugares emplazados a lo largo de la vía de saca principal. Por otro lado, se ha realizado una prueba con la astilladora (LINDANA TP-270) suspendida en tractor (VALTRA T161) con remolque, astillando en calles de monte sin desemboscar previamente.

Los atascos y continuas pérdidas productivas derivadas de la escasa movilidad del equipo, hacen inviable el desarrollo de esta actividad, desechándose esta metodología.

En último lugar, en la ***parcela 6*** la astilladora (DUTCH DRAGON 1410) de 500 CV sobre autocargador (TIMBERJACK 1410B), procesa las copas dispuestas en varias pilas sobre la pista principal, de 3,5 metros de anchura. Las trozas de madera fueron astilladas en cargadero, previamente a la clasificación con el autocargador durante la operación de carga y descarga.

En los casos en que el astillado se ha realizado en la calle, el transporte de astilla a cargadero lo ha efectuado un tractor agrícola (JOHN DEERE 6800) con cazo de alto volteo y contenedor basculante de 25 m^3. Esta operación se ha efectuado en las ***parcelas 1, 3, 4*** y ***5***, con distancias inferiores a 500 metros, permitiendo el acopio de astilla en menor espacio y su remoción para bajar la humedad. Con ello se han evitado desplazamientos innecesarios del equipo de astillado, que sólo se desplaza a lo largo de las pilas de madera. Esta operación permite acopiar la astilla en menor superficie y en lugar accesible. En las ***parcelas 2*** y ***6*** se ha astillado en cargadero.

En las ***parcelas 1*** y ***5*** el contenedor es cargado directamente por la astilladora, mientras que en las ***parcelas 3*** y ***4*** se carga con pala.

Tabla 67. Resumen de actuaciones. Monte Los Engarbos

PARCELA	MÉTODO	CORTA	DESEMBOSQUE	ASTILLADO
1_Engarbos	1AC	Apeo sistemático manual con motosierra dirigido en línea perpendicular a la calle de plantación	Reunión y desembosque con skidder o con tractor oruga. Reapilado con autocargador	Astilladora autoalimentada sobre autocargador
2_Engarbos	2AC	Apeo sistemático mecanizado con cizalladora dirigido en línea perpendicular a la calle de plantación	Reunión y desembosque combinado con tractor oruga, skidder grapa y autocargador	Astilladora autoalimentada suspendida en tractor
3_Engarbos	3AC	Apeo sistemático manual con motosierra dirigido en línea de máxima pendiente. Apertura de calle según línea de máxima pendiente	Desembosque con autocargador según línea de máxima pendiente	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada. Alimentación con giratoria
	4AC		Reunión con tractor oruga por presencia de barro. Desembosque con autocargador según línea de máxima pendiente	
4_Engarbos	5AC	Apeo sistemático manual con motosierra dirigido en línea de máxima pendiente. Apertura de calle según curvas de nivel	Desembosque con autocargador según curvas de nivel. Reapilado con autocargador	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada. Alimentación con giratoria
	6AC		Desembosque con autocargador según curvas de nivel	Astilladora sobre autocargador
	7AC		Desembosque con autocargador según curvas de nivel. Reunión puntual con tractor oruga por presencia de barro. Reapilado con autocargador	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada. Alimentación con giratoria
	8AC		Desembosque con autocargador según curvas de nivel. Reunión puntual con tractor oruga por presencia de barro	Astilladora sobre autocargador
5_Engarbos	9AC	Apeo sistemático mecanizado con motosierra dirigido en línea perpendicular a la calle de plantación	Desembosque con autocargador por las calles de corta de árbol completo	Astilladora autoalimentada sobre autocargador. Astilladora suspendida en tractor astillando “in situ”
	10AC	Apeo sistemático mecanizado con cizalladora dirigido en línea perpendicular a la calle de plantación		
6_Engarbos	11FC	Apeo sistemático mecanizado con procesadora. Corta manual con motosierra dirigida en línea perpendicular al caballón	Desembosque con autocargador por las calles de corta de copas	Astilladora autoalimentada sobre autocargador de copas
	12FC		Desembosque con autocargador por las calles de corta de trozas	Astilladora autoalimentada sobre autocargador de trozas

Fuente. Elaboración propia **AC:** Árbol completo **FC:** Fuste + copa

5.5.3. Resultados

5.5.3.1. Actualización de los datos de inventario

En la **Tabla 68** se muestra la densidad inicial (pies/ha) y el número de pies presentes en cada parcela según los datos del inventario realizado antes del comienzo de los trabajos.

Tabla 68. Datos de Inventario. Monte Los Engarbos

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)	Dn MEDIO (cm)	PIES TOTALES
Jaén	Los Engarbos	1_Engarbos	4,5	774	14,9	3.484
		2_Engarbos	4,6	754	13,6	3.467
		3_Engarbos	4,9	744	14,0	3.644
		4_Engarbos	6,7	824	13,4	5.518
		5_Engarbos	4,3	744	11,9	3.197
		6_Engarbos	5,3	444	17,5	2.354

Fuente. Elaboración propia

5.5.3.2. Obtención de valores modulares

En las **Figuras 88, 89** y **90** se muestra el modelo final de regresión que relaciona el peso seco (kg) con el diámetro normal (cm).

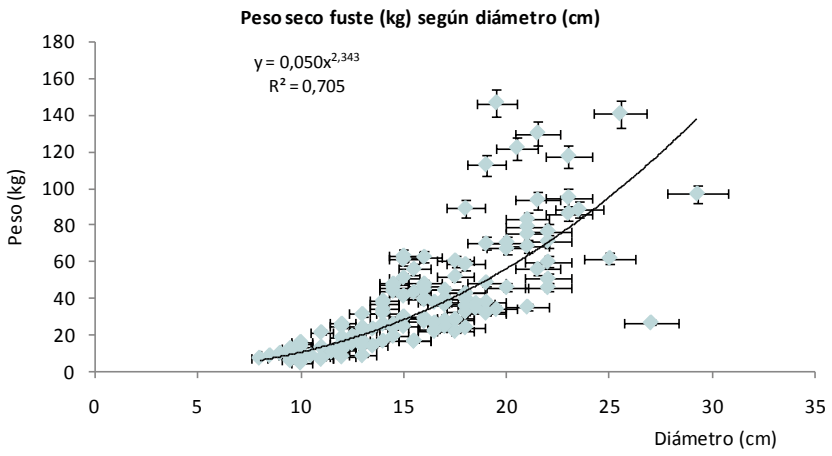


Figura 88. Relación entre el peso seco de fuste (kg) y diámetro normal (cm). n = 131

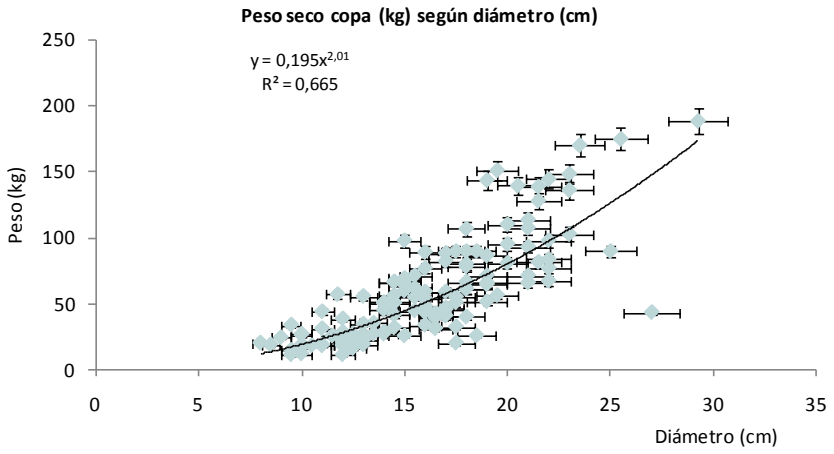


Figura 89. Relación entre el peso seco de copa (kg) y diámetro normal (cm). n = 131

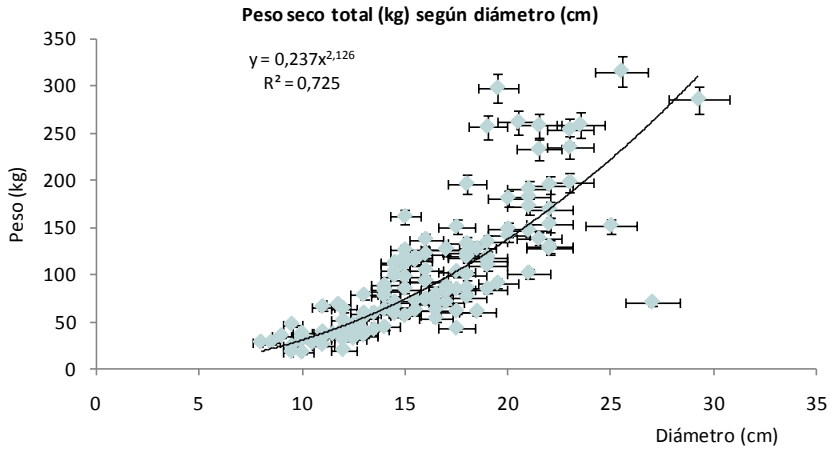


Figura 90. Relación entre el peso seco total (kg) y diámetro normal (cm). n = 131

Para que todos los resultados obtenidos puedan ser comparables, estos pesos secos están referidos a un porcentaje del 30% de humedad, como se muestra en la **Tabla 69**.

Tabla 69. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica. Valores modulares particularizados

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	2,9	6,5	9,3
2	7,5-12,5	14,5	26,0	40,5
3	12,5-17,5	37,5	58,7	96,1
4	17,5-22,5	73,5	104,6	178,1
5	22,5-27,5	124,0	163,8	287,8
6	27,5-32,5	190,1	236,2	426,3
7	32,5-37,5	272,8	322,0	594,8

Fuente. Elaboración propia

5.5.3.3. Criterio de corta y señalamiento

Una vez realizado el inventario, se determinó una intensidad de corta en función del estado inicial de la masa y su evolución previsible tras la corta.

A partir de este dato y de la información procedente del señalamiento, se ha obtenido una biomasa teórica extraída (**Tabla 70**) empleando el diámetro normal del árbol tipo de cada parcela demostrativa y los valores modulares particularizados al monte de Los Engarbos.

Tabla 70. Datos de señalamiento. Monte Los Engarbos

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)		% CORTA	PESO EXTRAÍDO[1]	
				INICIAL	FINAL		(kg/pie)	(t/ha)
Jaén	Los Engarbos	1_Engarbos	4,5	774	277	64	97,7	48,6
		2_Engarbos	4,6	754	185	75	81,9	42,0
		3_Engarbos	4,9	744	540	68	87,5	44,1
		4_Engarbos	6,7	824	317	61	80,3	40,7
		5_Engarbos	4,3	744	253	66	61,6	30,2
		6_Engarbos	5,3	444	211	52	140,3	32,6

Fuente. Elaboración propia

[1]Peso (en kg con un 30% de humedad)



5.5.3.4. Distribución de tiempos de la maquinaria

Se ha calculado el tiempo que invierte cada máquina en los procesos en los que interviene con la finalidad de obtener el tiempo operativo real y el porcentaje que dedica a cada operación.

5.5.3.4.1. Parcela 1

Tabla 71. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Los Engarbos, parcela 1

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
1_Engarbos	Tractor oruga con cable (FIAT F 100 C)	134	**Ciclo completo**	**19,4**	**88**
			Carga y descarga	11,9	54
			Desplazamiento con y sin carga	7,4	34
			Tiempo no operativo	**2,5**	**11**
			Otros tiempos	**0,1**	**0**
			Total	**21,9**	**100**
	Tractor oruga con cable (FIAT 120)	128	**Ciclo completo**	**21,3**	**85**
			Carga y descarga	13,8	55
			Desplazamiento con y sin carga	7,5	30
			Tiempo no operativo	**2,4**	**10**
			Otros tiempos	**1,2**	**5**
			Total	**24,9**	**100**
	Tractor oruga con cable (FIAT 955C)	35	**Ciclo completo**	**5,9**	**79**
			Carga y descarga	4,1	55
			Desplazamiento con y sin carga	1,8	24
			Tiempo no operativo	**1,2**	**15**
			Otros tiempos	**0,4**	**6**
			Total	**7,5**	**100**
	Skidder con cable (TIMBERJACK TB 240 b)	114	**Ciclo completo**	**12,8**	**85**
			Carga y descarga	7,3	48
			Desplazamiento con y sin carga	5,5	36
			Mantenimiento	**1,9**	**12**
			Tiempo no operativo	**0,4**	**3**
			Total	**15,1**	**100**
	Astilladora (DUTCH DRAGON 1410) sobre autocargador (TIMBERJACK 1410B)	95	**Astillado**	**7,5**	**46**
			Tiempo no operativo	**3,5**	**21**
			Otros tiempos	**5,5**	**33**
			Total	**16,4**	**100**

Fuente. Elaboración propia

A continuación únicamente se expone el gráfico de uno de los tractores oruga empleados dada la similitud encontrada en la distribución de tiempos de los mismos.



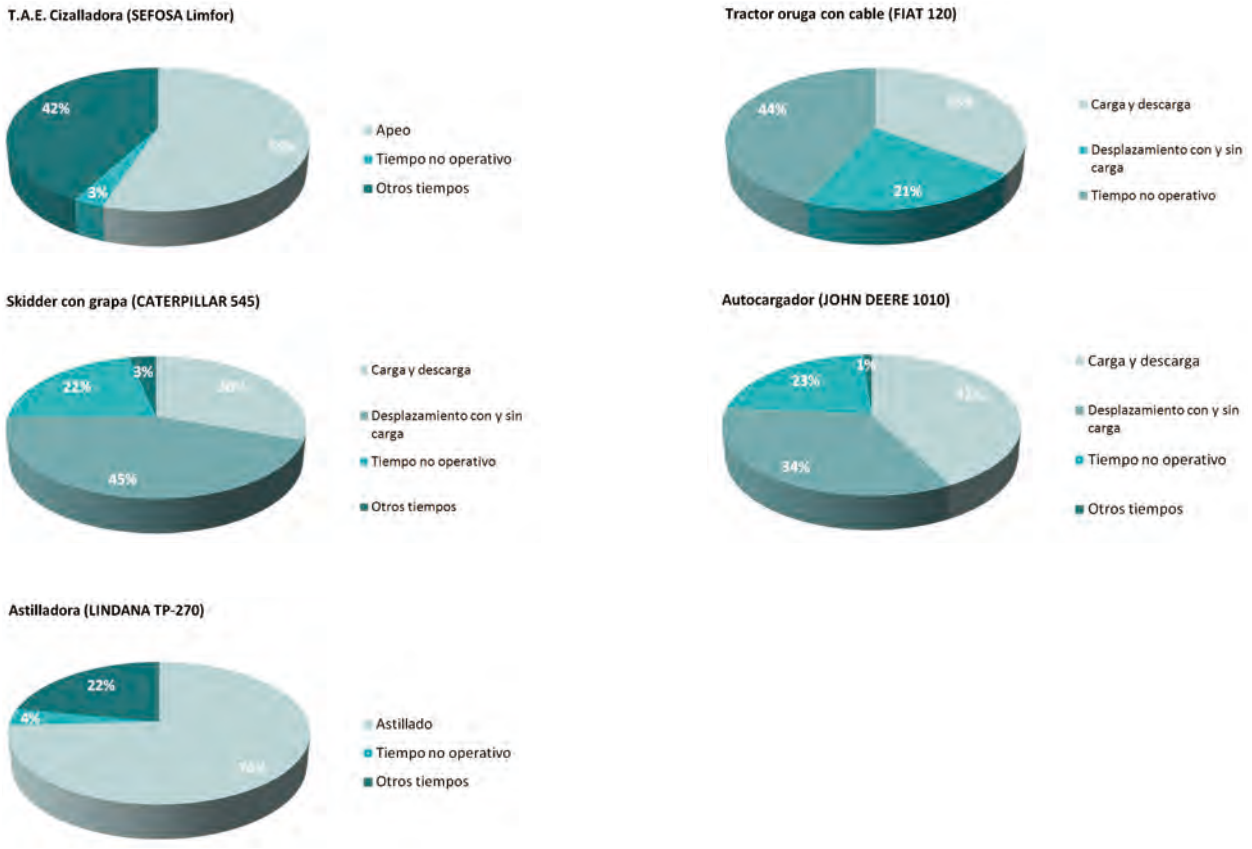
Figuras 91 y 92. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 1_Engarbos

5.5.3.4.2. Parcela 2

Tabla 72. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Los Engarbos, parcela 2

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
2_Engarbos	T.A.E.Cizalladora (SEFOSA Limfor)	51	**Apeo**	**18,8**	**55**
			Tiempo no operativo	**1,0**	**3**
			Otros tiempos	**14,4**	**42**
			Total	**34,1**	**100**
	Tractor oruga con cable (FIAT 120)	224	**Ciclo completo**	**12,7**	**57**
			Carga y descarga	7,9	35
			Desplazamiento con y sin carga	4,8	21
			Tiempo no operativo	**9,8**	**43**
			Total	**22,5**	**100**
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 545)	760	**Ciclo completo**	**31,7**	**75**
			Carga y descarga	12,9	30
			Desplazamiento con y sin carga	18,8	44
			Tiempo no operativo	**9,2**	**22**
			Otros tiempos	**1,4**	**3**
			Total	**42,3**	**100**
	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	201	**Ciclo completo**	**25,0**	**76**
			Carga y descarga	13,9	42
			Desplazamiento con y sin carga	11,1	34
			Tiempo no operativo	**7,4**	**23**
			Otros tiempos	**0,3**	**1**
			Total	**32,7**	**100**
	Astilladora (LINDANA TP-270) suspendida en tractor (VALTRA T161)	39	**Astillado**	**23,5**	**74**
			Tiempo no operativo	**1,2**	**4**
			Otros tiempos	**7,0**	**22**
			Total	**31,8**	**100**

Fuente. Elaboración propia



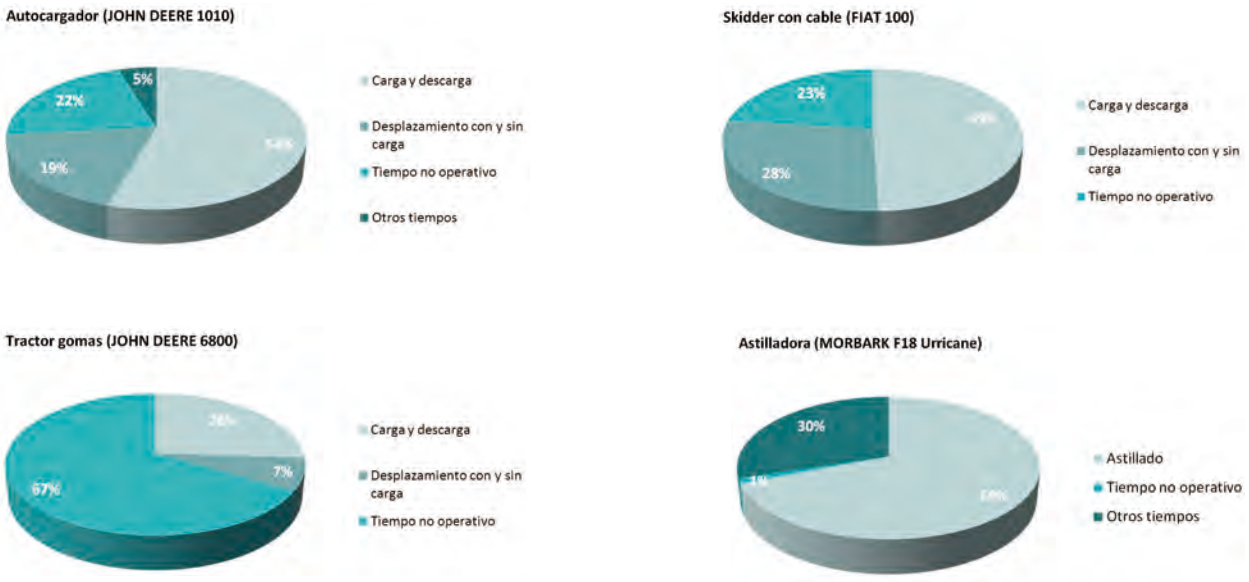
Figuras 93, 94, 95, 96 y 97. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 2_Engarbos

5.5.3.4.3. Parcela 3

Tabla 73. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Los Engarbos, parcela 3

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
3_Engarbos	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	201	**Ciclo completo**	**33,1**	**73**
			Carga y descarga	24,6	54
			Desplazamiento con y sin carga	8,5	19
			Tiempo no operativo	**9,9**	**22**
			Otros tiempos	**2,1**	**5**
			Total	**45,1**	**100**
	Tractor oruga con cable (FIAT F 100 C)	35	**Ciclo completo**	**4,9**	**77**
			Carga y descarga	3,2	49
			Desplazamiento con y sin carga	1,8	27
			Tiempo no operativo	**1,5**	**23**
			Total	**6,4**	**100**
	Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6800)	46	**Ciclo completo**	**9,3**	**33**
			Carga y descarga	7,3	26
			Desplazamiento con y sin carga	2,0	7
			Tiempo no operativo	**18,7**	**67**
			Total	**28,0**	**100**
	Astilladora (MORBARCK M18 Hurricane)	29	**Astillado**	**24,5**	**69**
			Tiempo no operativo	**0,4**	**1**
			Otros tiempos	**10,6**	**30**
			Total	**35,5**	**100**

Fuente. Elaboración propia



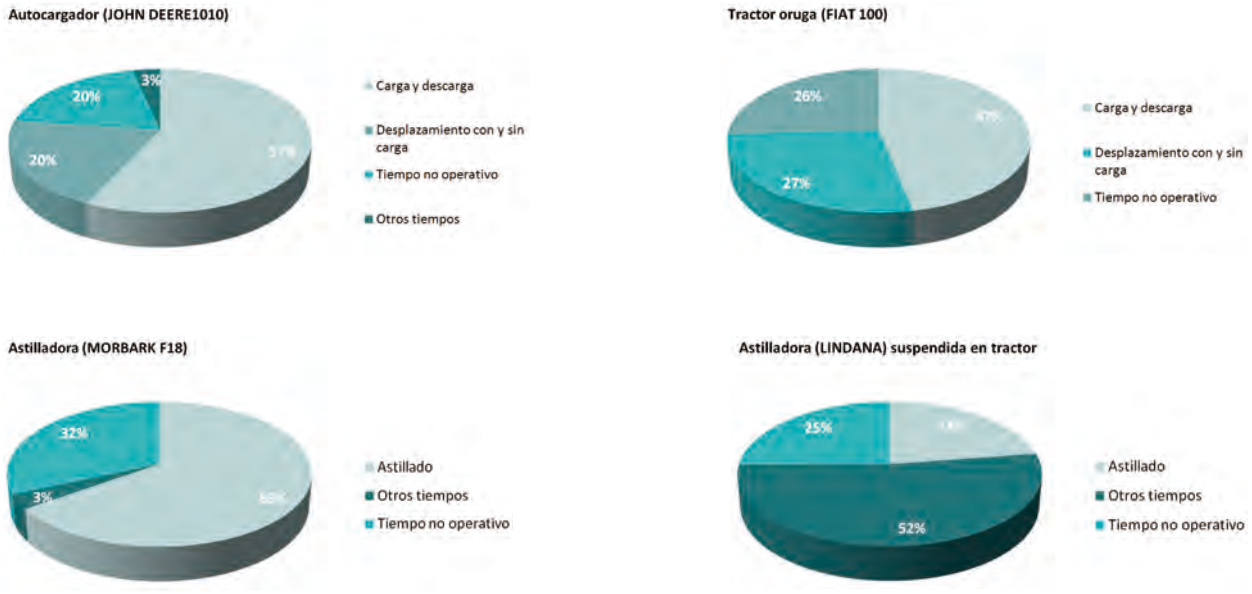
Figuras 98, 99, 100 y 101. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 3_Engarbos

5.5.3.4.4. Parcela 4

Tabla 74. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Los Engarbos, parcela 4

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
4_Engarbos	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	401	**Ciclo completo**	**42,7**	**77**
			Carga y descarga	31,5	57
			Desplazamiento con y sin carga	11,1	20
			Tiempo no operativo	**10,8**	**20**
			Otros tiempos	**1,8**	**3**
			Total	**55,3**	**100**
	Tractor oruga (FIAT F 100 C)	66	**Ciclo completo**	**11,4**	**74**
			Carga y descarga	7,2	47
			Desplazamiento con y sin carga	4,2	27
			Tiempo no operativo	**4,0**	**26**
			Total	**15,4**	**100**
	Astilladora (MORBARCK M18 Hurricane)	62	**Astillado**	**23,2**	**65**
			Tiempo no operativo	**11,3**	**32**
			Otros tiempos	**1,2**	**3**
			Total	**35,6**	**100**
	Astilladora (DUTCH DRAGON 1410) sobre autocargador	48	**Astillado**	**1,6**	**23**
			Tiempo no operativo	**1,8**	**25**
			Otros tiempos	**3,8**	**52**
			Total	**7,30**	**100**

Fuente. Elaboración propia



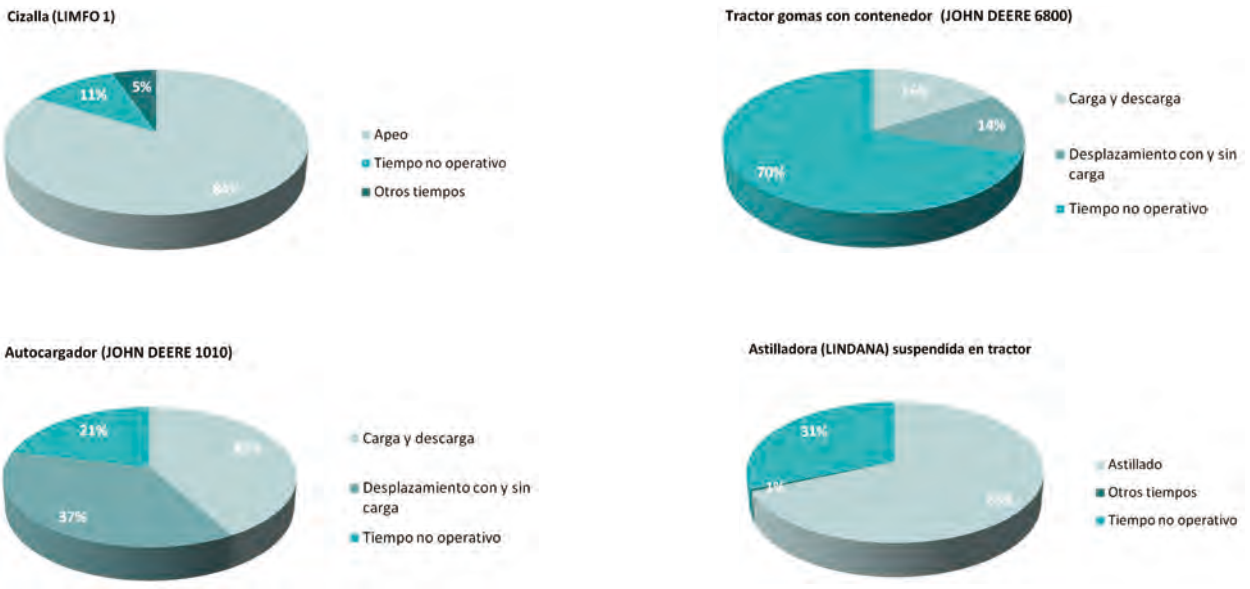
Figuras 102, 103, 104 y 105. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 4_Engarbos

5.5.3.4.5. Parcela 5

Tabla 75. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Los Engarbos, parcela 5

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
5_Engarbos	T.A.E. Cizalladora (SEFOSA Limfor)	22	**Apeo**	**29,9**	**84**
			Tiempo no operativo	**4,0**	**11**
			Otros tiempos	**1,9**	**5**
			Total	**35,8**	**100**
	Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6800)	34	**Ciclo completo**	**0,8**	**30**
			Carga y descarga	0,4	16
			Desplazamiento con y sin carga	0,4	14
			Tiempo no operativo	**1,9**	**70**
			Total	**2,7**	**100**
	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	255	**Ciclo completo**	**28,0**	**79**
			Carga y descarga	14,8	42
			Desplazamiento con y sin carga	13,2	37
			Tiempo no operativo	**7,6**	**21**
			Total	**35,6**	**100**
	Astilladora (DUTCH DRAGON 1410) sobre autocargador	23	**Astillado**	**6,9**	**68**
			Tiempo no operativo	**0,1**	**0**
			Otros tiempos	**3,1**	**31**
			Total	**10,0**	**100**

Fuente. Elaboración propia



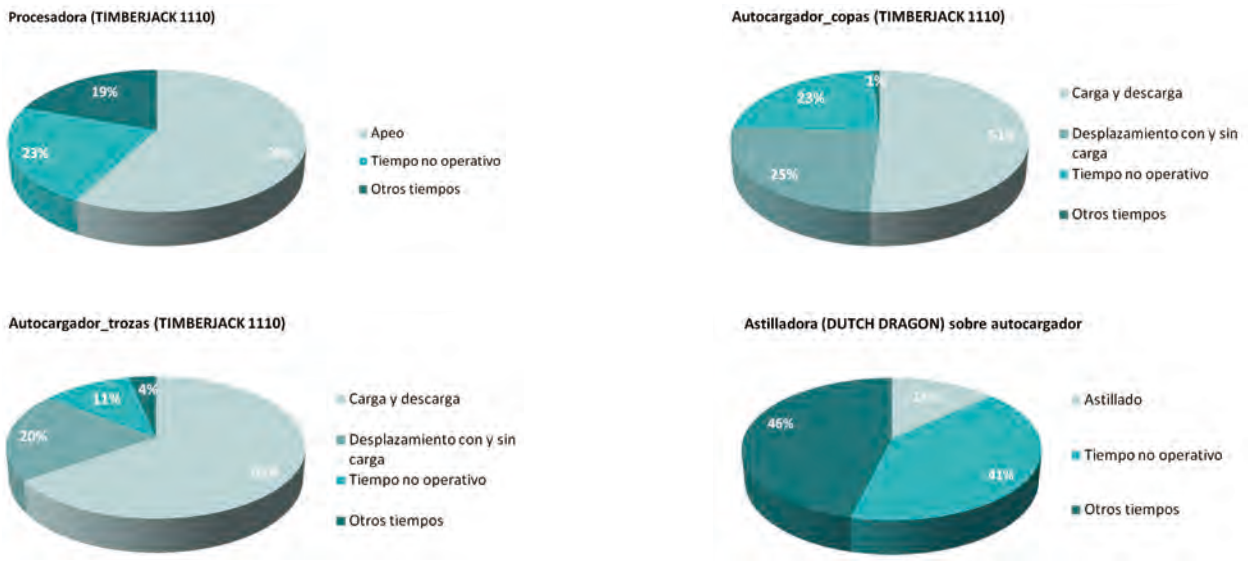
Figuras 106, 107, 108 y 109. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 5_Engarbos

5.5.3.4.6. Parcela 6

Tabla 76. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Los Engarbos, parcela 6

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
6_Engarbos	Procesadora (TIMBERJACK 1210)	63	**Apeo**	**11,5**	**58**
			Tiempo no operativo	**4,5**	**23**
			Otros tiempos	**3,9**	**20**
			Total	**19,9**	**100**
	Autocargador_copas (TIMBERJACK 1110C)	260	**Ciclo completo**	**20,7**	**76**
			Carga y descarga	13,9	51
			Desplazamiento con y sin carga	6,8	25
			Tiempo no operativo	**6,3**	**23**
			Otros tiempos	**0,2**	**1**
			Total	**27,2**	**100**
	Autocargador_trozas (TIMBERJACK 1110C)	52	**Ciclo completo**	**8,7**	**86**
			Carga y descarga	6,6	65
			Desplazamiento con y sin carga	2,1	21
			Tiempo no operativo	**1,1**	**11**
			Otros tiempos	**0,3**	**3**
			Total	**10,1**	**100**
	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	17	**Ciclo completo**	**1,8**	**69**
			Carga y descarga	1,4	54
			Desplazamiento con y sin carga	0,4	15
			Otros tiempos	**0,8**	**29**
			Total	**2,6**	**98**
	Astilladora (DUTCH DRAGON 1410) sobre autocargador con contenedor	29	**Ciclo completo**	**1,3**	**14**
			Tiempo no operativo	**3,9**	**41**
			Otros tiempos	**4,4**	**46**
			Total	**9,6**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 110, 111, 112 y 113. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 6_Engarbos

5.5.3.5. Apeo

En las **Tablas 77** y **78** se presentan los resultados de los rendimientos horarios y los costes asociados a cada tipo de apeo.

Tabla 77. Datos de apeo mecanizado. Monte Los Engarbos

PARCELA	MAQUINARIA	CONDICIONES	Dn (cm)	PESO (kg)	RENDIMIENTO		COSTE	
					(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
2_Engarbos	T.A.E. con cizalladora (SEFOSA Limfor)	Todos	13,6	81,9	53	4,3	1.135	27
		Óptimo			56	4,6	1.068	25
		No favorable			51	4,2	1.167	28
5_Engarbos	T.A.E. con cizalladora (SEFOSA Limfor)	No favorable	11,9	61,6	69	4,3	826	27
6_Engarbos	Procesadora (TIMBERJACK 1210)	Óptimo	17,5	140,3	94	13,2	287	9

Fuente. Elaboración propia

Tabla 78. Datos de apeo manual. Monte Los Engarbos

PARCELA	MAQUINARIA	CONDICIONES	Dn (cm)	PESO (kg)	RENDIMIENTO		COSTE	
					(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
1_Engarbos	Motosierra (STIHL 026)	Óptimo	14,9	97,7	64	6,3	179	4
3_Engarbos	Motosierra (STIHL 026)	Óptimo	14,0	87,5	54	4,7	215	5
4_Engarbos	Motosierra (STIHL 026)	No favorable	13,4	80,3	59	4,7	198	5
5_Engarbos	Motosierra (STIHL 026)	No favorable	11,9	61,6	50	3,1	226	7
6_Engarbos	Motosierra (STIHL 026)	No favorable	13,2	140,3	169	23,7	32	1

Fuente. Elaboración propia



5.5.3.6. Desembosque

En la **Tabla 79** se muestran los resultados de distancias medias recorridas por la maquinaria, el rendimiento obtenido (medio, mínimo y máximo) y el coste medio por hectárea y tonelada, así como la pendiente media de trabajo en los trabajos de desembosque y de reapilado.

Tabla 79. Resultados de los datos de desembosque. Monte Los Engarbos

PARCELA	MÁQUINA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO (t/h)			COSTE	
				MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
1_Engarbos	Tractor oruga (FIAT 955C)	329	≥ 50	1,6	0,6	2,9	1.992	41
	Skidder cable (TIMBERJACK 120)	132	0-30	1,7	1,0	2,1	2.368	49
		259	30-50	1,6	1,4	2,6	2.567	53
2_Engarbos	Tractor oruga (FIAT 120)	51	0-30	2,0	0,8	5,9	1.369	33
		38	30-50	2,0	1,2	4,1	1.369	33
	Skidder grapa (CATERPILLAR 545)	177	0-30	3,6	0,7	16,0	978	23
	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	625	0-30	6,6	3,2	11,3	613	15
3_Engarbos	Tractor oruga (FIAT F 100 C)	55	0-30	1,4	1,0	1,8	2.018	46
	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	145	0-30	7,0	3,4	12,5	610	14
		140	30-50	6,2	2,9	17,1	687	16
4_Engarbos	Tractor oruga (FIAT F 100 C)	225	0-30	1,4	0,8	2,1	1.910	47
	Tractor oruga (FIAT 955C)	150	0-30	1,4	0,4	2,1	1.804	44
	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	137	0-30	7,5	3,6	12,0	527	13
		223	30-50	5,6	4,2	8,2	701	17
5_Engarbos	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	366	0-30	4,2	1,2	6,6	698	23
6_Engarbos	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	178	0-30	9,5	5,5	15,9	331	10
	Autocargador (TIMBERJACK 110C)_ copas	89	0-30	4,0	1,6	8,4	467	24
	Autocargador (TIMBERJACK 110C)_ trozas	152	0-30	7,0	1,8	14,2	138	14

Fuente. Elaboración propia

Tabla 80. Resultados de los datos de reapilado. Monte Los Engarbos

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO		COSTE	
		(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
1_Engarbos	Autocargador (TB 1110)	208	20,3	231	4,8
4_Engarbos	Autocargador (TB 1110)	294	23,6	167	4,1

Fuente. Elaboración propia

Por otro lado, para cada tipo de maquinaria se ha obtenido un rendimiento medio en condiciones óptimas y bajo alguno de los factores limitantes.

Tabla 81. Rendimiento medio según condiciones. Monte Los Engarbos

PARCELA	MÁQUINA	Nº CICLOS	SITUACIÓN	TIEMPO (h)	Nº PIES	RENDIMIENTO	
						(pies/h)	(t/h)
1_Engarbos	Tractor oruga con cable (FIAT F 100 C)	128	Todos	19,4	280	14	1,4
		Sin datos	Óptimo				
		128	No favorable	19,4	280	14	1,4
	Tractor oruga con cable (FIAT 120)	120	Todos	21,3	335	16	1,5
		Sin datos	Óptimo				
		120	No favorable	21,3	335	16	1,5
	Tractor oruga con cable (FIAT 955C)	32	Todos	5,9	103	17	1,7
		Sin datos	Óptimo				
		32	No favorable	5,9	103	17	1,7
	Skidder con cable (TIMBERJACK TB 240 b)	108	Todos	12,8	197	15	1,5
		Sin datos	Óptimo				
		108	No favorable	12,8	197	15	1,5
2_Engarbos	Tractor oruga con cable (FIAT 120)	212	Todos	12,7	280	22	1,8
		Sin datos	Óptimo				
		212	No favorable	12,7	280	22	1,8
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 545)	184	Todos	31,7	995	44	3,6
		80	Óptimo	13,2	537	62	5,1
		104	No favorable	18,5	458	29	2,4
	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	47	Todos	25,0	1.994	81	6,7
		Sin datos	Óptimo				
		47	No favorable	25,0	1.994	81	6,7
3_Engarbos	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	77	Todos	33,1	2.274	75	6,5
		Sin datos	Óptimo				
		77	No favorable	33,1	2.274	75	6,5
	Tractor oruga con cable (FIAT F 100 C)	8	Todos	4,9	75	16	1,4
		Sin datos	Óptimo				
		8	No favorable	4,9	75	16	1,4
	Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6800)	10	Todos	9,3	198	27	3,0
		5	Óptimo	3,8	105	34	2,3
		5	No favorable	5,5	93	20	1,7
4_Engarbos	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	93	Todos	42,7	3.450	87	6,9
		Sin datos	Óptimo				
		93	No favorable	42,7	3.450	87	6,9
	Tractor oruga (FIAT F 100 C)	15	Todos	11,4	191	17	1,4
		Sin datos	Óptimo				
		15	No favorable	11,4	191	17	1,4
	Tractor oruga (FIAT 955C)	27	Todos	19,80	327	18	1,4
		11	Óptimo	7,32	191	19	1,6
		16	No favorable	12,48	136	17	1,3
5_Engarbos	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	61	Todos	28,0	1.819	68	4,2
		Sin datos	Óptimo				
		61	No favorable	28,0	1.819	68	4,2
6_Engarbos	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)	65	Todos	33,4	1.235	37	5,2
		35	Óptimo	16,0	657	41	5,8
		30	No favorable	17,4	578	33	4,6
	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	4	Todos	1,8	96	63	8,8
		4	Óptimo	1,8	96	63	8,8
		Sin datos	No favorable				

Fuente: Elaboración propia

Puede observarse en las siguientes gráficas como disminuye ligeramente el rendimiento (t/h) según aumenta la distancia de desembosque.

5.5.3.6.1. Parcela 1

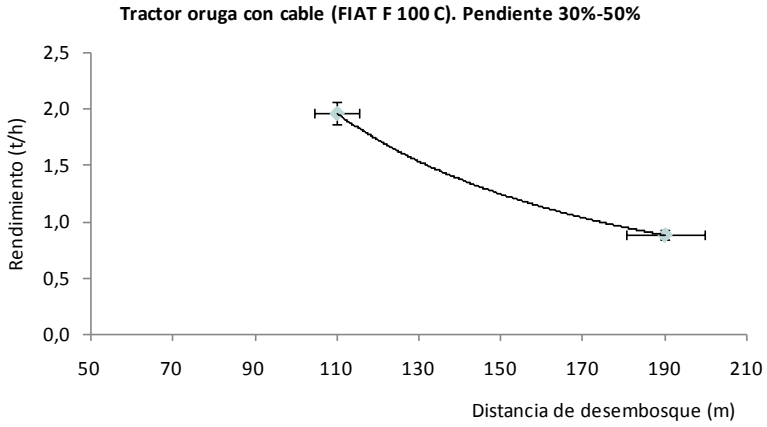


Figura 114. Gráfica de tendencia. Tractor oruga con cable (FIAT F 100 C). Pendiente 30%-50%. Condiciones óptimas. n = 2

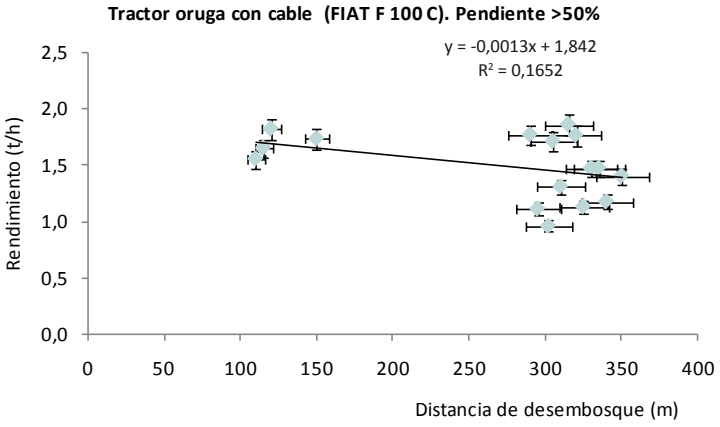


Figura 115. Gráfica de tendencia. Tractor oruga con cable (FIAT F 100 C). Pendiente >50%. Condiciones óptimas. n = 16

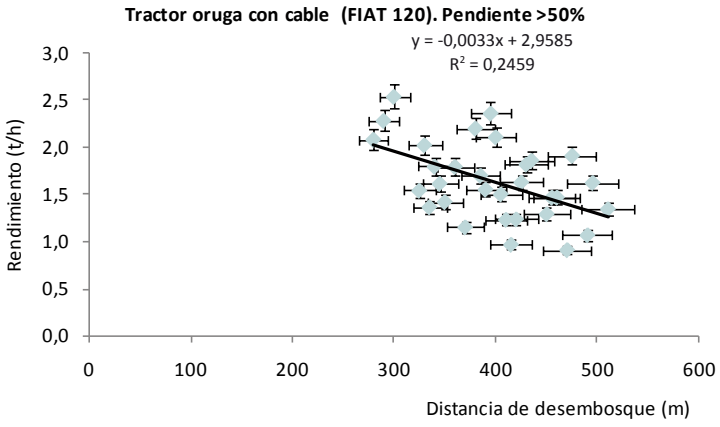


Figura 116. Gráfica de tendencia. Tractor oruga con cable (FIAT 120). Pendiente >50%. Condiciones desfavorables. n = 31

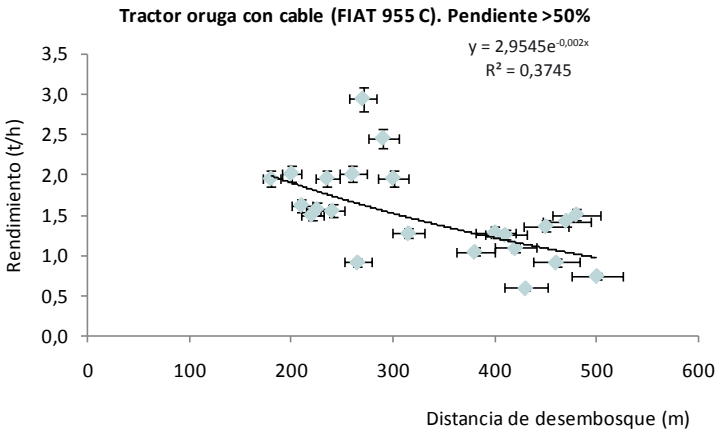


Figura 117. Gráfica de tendencia. Tractor oruga con cable (FIAT 955 C). Pendiente >50%. Condiciones desfavorables. n = 23

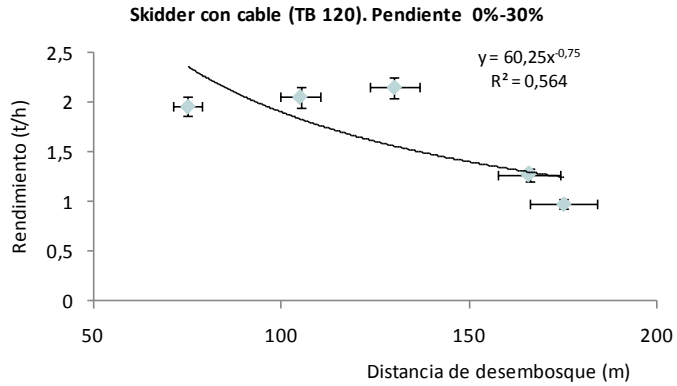


Figura 118. Gráfico de dispersión. Skidder con cable (TB 120). Pendiente 0%-30%. Condiciones óptimas. n = 5

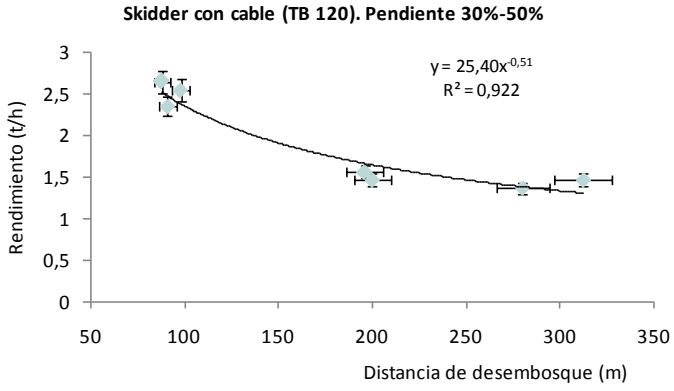


Figura 119. Gráfico de dispersión. Skidder con cable (TB 120). Pendiente 30%-50%. Condiciones óptimas. n = 7

5.5.3.6.2. Parcela 2

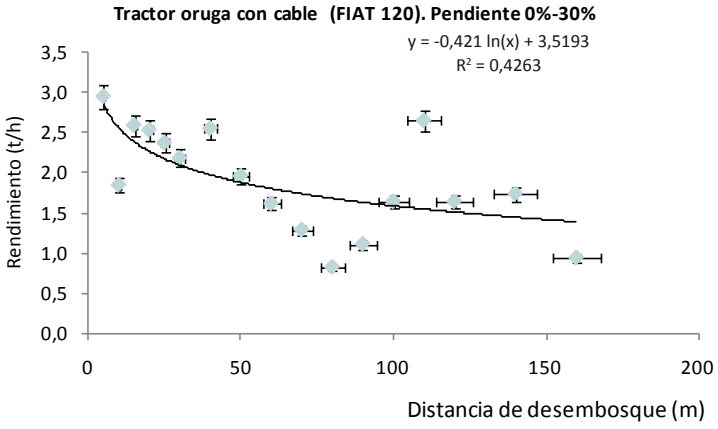


Figura 120. Gráfica de tendencia. Tractor oruga con cable (FIAT 120). Pendiente 0%-30%. Condiciones desfavorables. n = 17

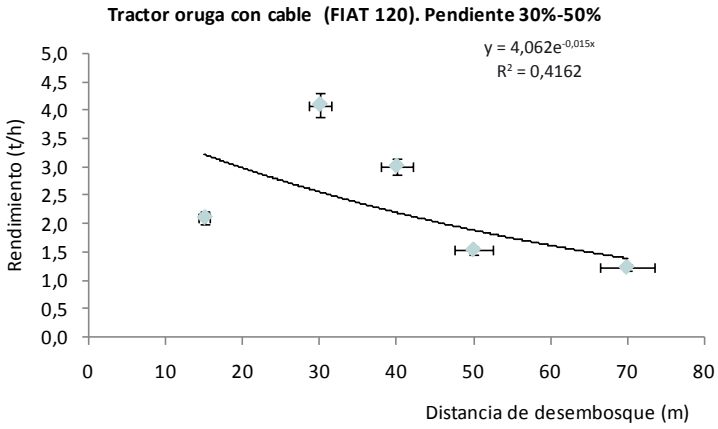


Figura 121. Gráfica de tendencia. Tractor oruga con cable (FIAT 120). Pendiente 30%-50%. Condiciones desfavorables. n = 5

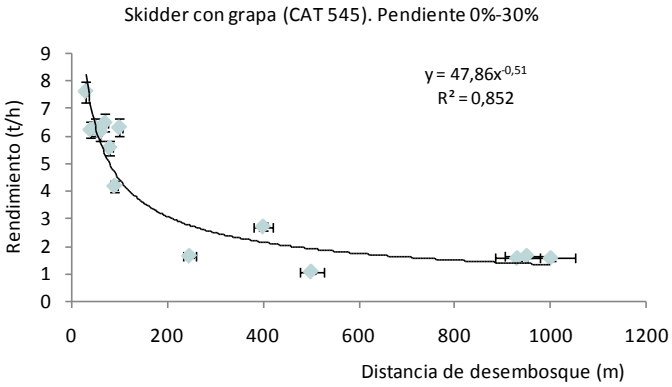


Figura 122. Gráfico de dispersión. Skidder con grapa (CAT 545). Pendiente 0%-30%. Condiciones óptimas. n = 14

5.5.3.6.3. Parcela 3

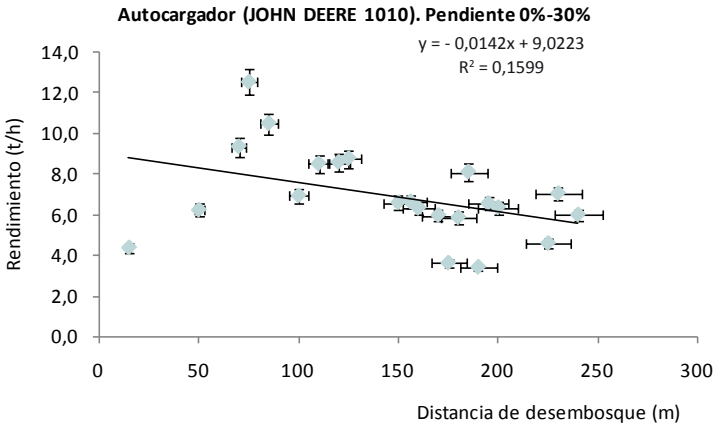


Figura 123. Gráfica de tendencia. Autocargador (JOHN DEERE 1010). Pendiente 0%-30%. Condiciones desfavorables. n = 22

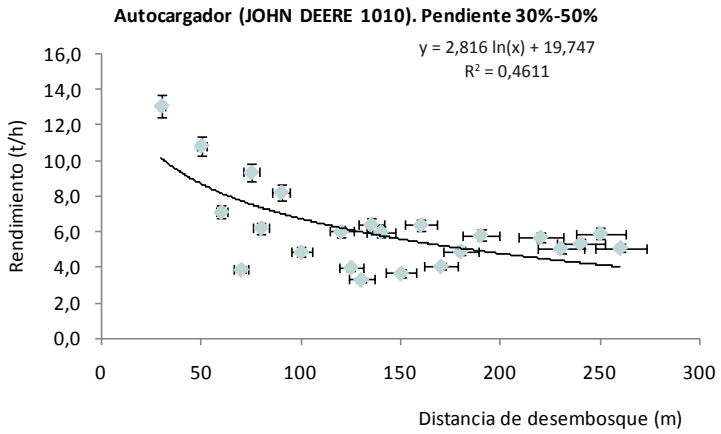


Figura 124. Gráfica de tendencia. Autocargador (JOHN DEERE 1010). Pendiente 30%-50%. Condiciones desfavorables. n = 23

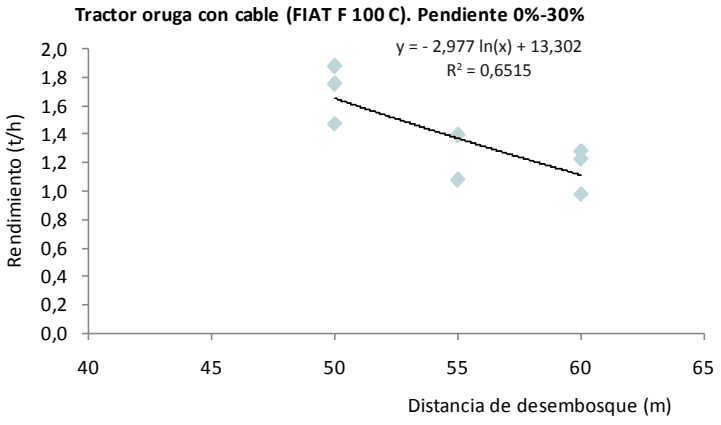


Figura 125. Gráfica de dispersión. Tractor oruga con cable (FIAT F 100 C). Pendiente 0%-30%. Condiciones desfavorables. n = 8

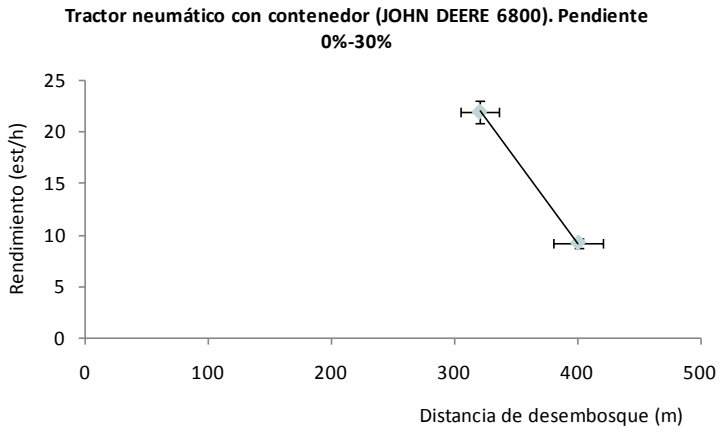


Figura 126. Gráfica de tendencia. Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6800). Pendiente 0%-30%. Condiciones óptimas. n = 2

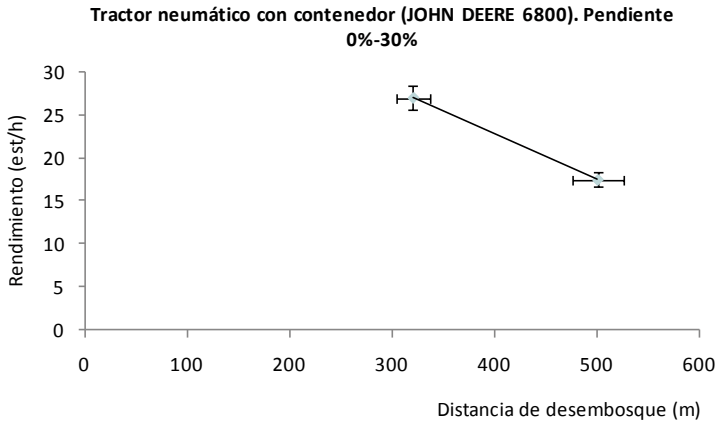


Figura 127. Gráfica de tendencia. Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6800). Pendiente 0%-30%. Condiciones desfavorables. n = 2

5.5.3.6.4. Parcela 4

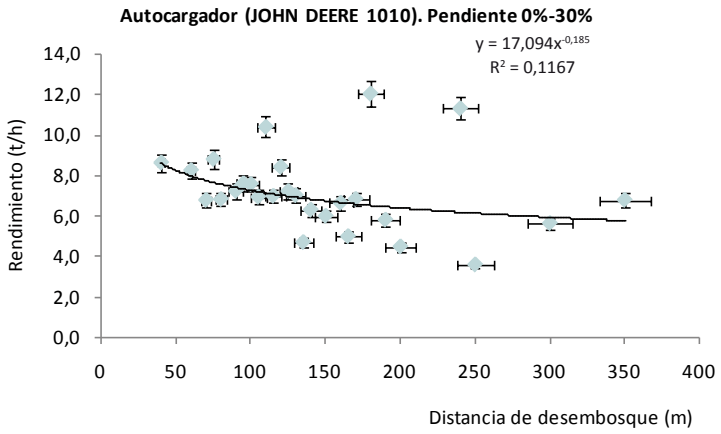


Figura 128. Gráfica de tendencia. Autocargador (JONH DEERE 1010). Pendiente 0%-30%. Condiciones desfavorables. n = 27

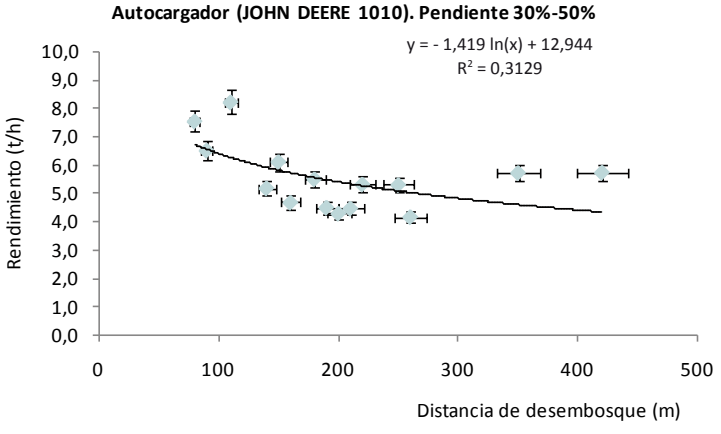


Figura 129. Gráfica de tendencia. Autocargador (JONH DEERE 1010). Pendiente 30%-50%. Condiciones desfavorables. n = 15

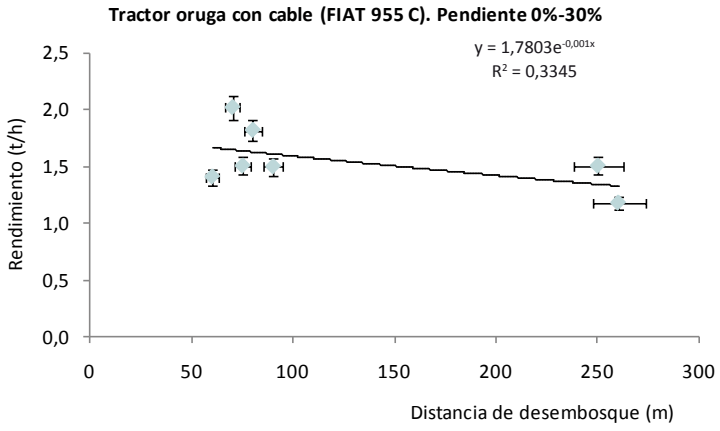


Figura 130. Gráfica de tendencia Tractor oruga con cable (FIAT 955 C). Pendiente 0%-30%. Condiciones óptimas. n = 7

5.5.3.6.5. Parcela 6

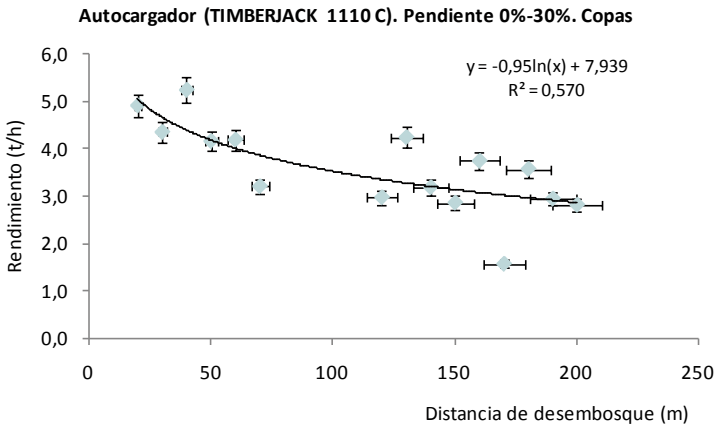


Figura 131. Gráfico de dispersión. Autocargador (TIMBERJACK 1110C). Pendiente 0%-30%. Condiciones desfavorables. Copas. n = 15

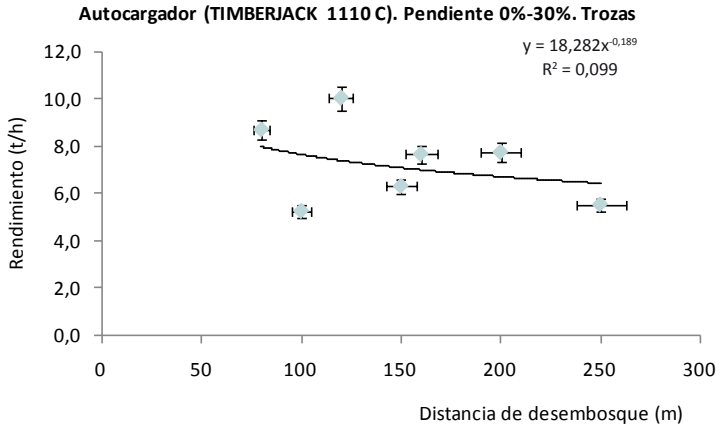


Figura 132. Gráfica de tendencia. Autocargador (TIMBERJACK 1110C). Pendiente 0%-30%. Condiciones óptimas. Trozas. n = 9

Tabla 82. Rendimiento (t/h) en función de la distancia de desembosque (m) y la pendiente. Monte Los Engarbos

PARCELA	MÁQUINA	SITUACIÓN	DISTANCIA MEDIA (m)	PENDIENTE MEDIA (%)	DISTANCIA (m)	RENDIMIENTO (t/h)			Nº CICLOS	ECUACIÓN	R^2
						MED	MIN	MAX			
1_Engarbos	Tractor oruga con cable (FIAT 955C)	No favorable	329	≥ 50	180-500	1,6	0,6	3,3	50		
	Skidder con cable (TIMBERJACK TB 240 b)	No favorable	132	0-30	75-175	1,8	1,0	2,1	8	Rendimiento (t/h) = 60,256*D^{-0751}	0,5649
			259	30-50	88-312	1,6	1,1	2,6	19	Rendimiento (t/h) = 25,407*$D^{-0,516}$	0,9223
2_Engarbos	Tractor oruga con cable (FIAT 120)	No favorable	51	0-30	5-165	2,0	0,8	5,9	45		
			38	30-50	15-70	2,0	1,2	3,1	8		
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 545)	Óptimo	250	0-30	0-500	5,9	1,1	8,6	65	Rendimiento (t/h) = 47,861*$D^{-0,518}$	0,8465
			750		500-1.000	1,6	1,1	2,2	15		
		No favorable	109	0-30	30-190	2,4	0,7	9,8	80		
	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	No favorable	625	0-30	250-750	6,6	3,2	11,3	47		
3_Engarbos	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	No favorable	145	0-30	15-240	7,0	3,4	12,5	31		
			139	30-50	30-260	6,2	2,9	17,1	46		
	Tractor oruga con cable (FIAT F 100 C)	No favorable	55	0-30	50-60	1,4	1,0	1,8	8		
4_Engarbos	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	No favorable	137	0-30	40-350	7,5	2,2	32,1	66		
			223	30-50	80-420	5,7	3,5	8,8	27		
	Tractor oruga (FIAT F 100 C)	No favorable	225	0-30	90-240	1,4	0,8	2,1	15		
	Tractor oruga (FIAT 955C)	Óptimo	141	0-30	60-260	1,5	0,8	2,1	11		
		No favorable	157		90-255	1,4	0,4	2,1	16		
5_Engarbos	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)	No favorable	366	0-30	100-560	4,2	1,2	6,6	61		
6_Engarbos	Autocargador_copas (TIMBERJACK 1110C)	Óptimo	65	0-30	10-180	3,3	1,2	6,2	3		
		No favorable	118	0-30	20-200	1,3	1,2	4,2	3		
	Autocargador_trozas (TIMBERJACK 1110C)	No favorable	178	0-30	120-200	4,1	2,3	6,8	4		

Fuente. Elaboración propia

[1] **D:** Distancia de desembosque (m)

5.5.3.7. Astillado

En la **Tabla 83** se presentan los resultados obtenidos para el astillado: rendimiento medio y coste por hectárea y tonelada. En las ***parcelas 2*** y ***6*** el astillado se realiza en cargadero. En la **Tabla 84** se detallan los resultados del transporte de la astilla a cargadero.

Tabla 83. Rendimiento (pies/h, t/h) en las operaciones de astillado. Monte Los Engarbos

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO		COSTE	
		(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
1_Engarbos	Astilladora (DUTCH DRAGON 1410) sobre autocargador (TIMBERJACK 1410B)	288	28,2	399	8
2_Engarbos	Astilladora (LINDANA TP-270) suspendida en tractor (VALTRA T161)	125	10,2	420	10
3_Engarbos	Astilladora (MORBARCK M18 Hurricane Urricane F18) alimentada con giratoria (CATERPILLAR)	103	9,0	500	11
4_Engarbos	Astilladora (MORBARCK M18 Hurricane Urricane F18) alimentada con giratoria (CATERPILLAR)	110	8,8	472	12
	Astilladora (DUTCH DRAGON 1410) sobre autocargador (TIMBERJACK 1410B)	162	13,0	726	18
5_Engarbos	Astilladora (DUTCH DRAGON 1410) sobre autocargador (TIMBERJACK 1410B)	346	21,3	328	11
6_Engarbos	Astilladora (DUTCH DRAGON 1410) sobre autocargador (TIMBERJACK 1410B)_copas	150	12,0	372	19
	Astilladora (DUTCH DRAGON 1410) sobre autocargador (TIMBERJACK 1410B)_trozas	1169	50,3	46	5

Fuente. Elaboración propia

Tabla 84. Rendimiento (t/h) en el transporte intermedio de astilla. Monte Los Engarbos

PARCELA	MAQUINARIA	TIEMPO (h)	PESO (t)	RENDIMIENTO (t/h)
1_Engarbos	Tractor agrícola (JOHN DEERE 6800)	1,08	71,0	65,3
3_Engarbos		10,18	59,1	4,6
4_Engarbos		0,37	6,0	13,1
5_Engarbos		1,18	56,8	38,9

Fuente. Elaboración propia



5.5.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos

En la **Tabla 85** se presenta un resumen integrado de todos los datos mostrados con anterioridad, de manera, que se puedan obtener resultados completos para cada uno de los procedimientos.

Tabla 85. Rendimiento (t/h) y costes de extracción aprovechamiento biomasa forestal. Monte Los Engarbos

PARCELA	MÉTODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
1_Engarbos	1AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	6,3	4	58
		Desembosque	Skidder cable (TB 120)	1,6	53	
		Desembosque	Tractor oruga (FIAT 955C)	1,6	41	
		Reapilado	Autocargador (TB 1110)	20,3	5	
		Astillado	Astilladora (Dutch)/TB 1410	28,2	8	
2_Engarbos	2AC	Apeo	T.A.E. con cizalladora (SEFOSA Limfor)	4,3	27	107
		Reunión	Tractor oruga (FIAT 120)	2,0	33	
		Desembosque carril	Skidder grapa (CAT 545)	3,6	23	
		Desembosque a cargadero	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	6,6	15	
		Astillado	Astilladora (LINDANA TP-270)/ VALTRA T161	10,2	10	
3_Engarbos	3AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,7	5	30
		Desembosque a cargadero	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	7,0	14	
		Astillado	Astilladora (MORBARCK M18 Hurricane)/CAT 307	9,0	11	
	4AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,7	5	76
		Reunión	Tractor oruga (FIAT F 100 C)	1,4	46	
		Desembosque a cargadero	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	7,0	14	
		Astillado	Astilladora (MORBARCK M18 Hurricane)/CAT 307	9,0	11	
4_Engarbos	5AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,7	5	33
		Desembosque a cargadero	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	7,5	13	
		Reapilado	Autocargador (TB 1110)	28,7	3	
		Astillado	Astilladora (MORBARCK M18 Hurricane)/CAT 307	8,8	12	
	6AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,7	5	39
		Desembosque a cargadero	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	7,5	13	
		Reapilado	Autocargador (TB 1110)	28,7	3	
		Astillado	Astilladora (DUTCH)/TB 1410	13,0	18	
	7AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,7	5	80
		Reunión	Tractor oruga (FIAT F 100 C)	1,4	47	
		Desembosque a cargadero	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	7,5	13	
		Reapilado	Autocargador (TB 1110)	28,7	3	
		Astillado	Astilladora (MORBARCK M18 Hurricane)/CAT 307	8,8	12	
	8AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,7	5	86
		Reunión	Tractor oruga (FIAT F 100 C)	1,4	47	
		Desembosque a cargadero	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	7,5	13	
		Reapilado	Autocargador (TB 1110)	28,7	3	
		Astillado	Astilladora (Dutch)/TB 1410	13,0	18	

PARCELA	MÉTODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
5_Engarbos	9AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	3,1	7	41
		Desembosque a cargadero	Autocargador (TB 1110)	4,2	23	
		Astillado	Astilladora (Dutch)/TB 1410	21,3	11	
	10AC	Apeo	T.A.E. con cizalladora (SEFOSA Limfor)	4,3	27	61
		Desembosque a cargadero	Autocargador (TB 1110)	4,2	23	
		Astillado	Astilladora (Dutch)/TB 1410	21,3	11	
6_Engarbos	11FC	Apeo	Procesadora (TB 1210)	13,2	9	52
		Desembosque a cargadero	Autocargador (TB 1110)_copas	4,0	24	
		Astillado copas	Astilladora (Dutch)/TB 1410_copas	12,0	19	
	12FC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	23,7	1	28
		Apeo	Procesadora (TB 1210)	13,2	9	
		Desembosque a cargadero	Autocargador (TB 1110)_trozas	7,0	14	
		Astillado trozas	Astilladora (Dutch)/TB 1410_trozas	50,3	5	

Fuente. Elaboración propia

AC: Árbol completo **FC:** Fuste + copa



Para calcular el coste en el ***método 1AC*** se ha tenido en cuenta la opción más favorable de desembosque, esto es, tractor oruga con cabrestante. De esta metodología se deduce que el uso de pequeñas motosierras agiliza la operación de apeo, disminuyendo además el consumo de combustible. La pendiente del terreno unida a las abundantes lluvias, impide el adecuado tránsito del skidder, que debe ser sustituido por un tractor de cadenas con cabrestante. En este caso, el desembosque con cable hubiera sido más productivo si se hubiera apoyado con arriería, pero la presencia de terrazas altas impide el empleo de semovientes. También se deduce que el apilado de los pies es una operación eficaz y que consume poco tiempo en cargadero: a la vez que supone aumento del rendimiento de astillado, prevención de averías y daños por presencia de piedras, mejora de la calidad de la astilla por ausencia de tierra, y disminución de la dimensión del cargadero.

El coste es notablemente más alto en el ***método 2AC*** (***parcela 2***), sobre todo debido a los costes producidos por el apeo con T.A.E. con cizalladora. Se concluye también que resulta más ventajoso trasladar la astilla a cargadero de tráiler que los pies enteros: es más eficiente la saca en una sola fase, como en el primer caso, que utilizar dos equipos distintos para varios tramos, ya que el tiempo de reunión en la fase de saca es muy elevado, para las distancias que se manejan en las parcelas estudiadas (ver distancias en **Tabla 82**).

En lo que respecta a la ***parcela 3***, donde se desarrollan los ***métodos 3AC y 4Ac*** se observa la sensibilidad de la tracción de los medios mecánicos para la saca, incrementándose en un 60% el coste cuando se cambia de medios sobre rueda a tractores oruga.

En la ***parcela 4*** se calculan cuatro opciones; dos de ellas sin reunión y otras dos con reunión. La opción más ventajosa es el ***método 6AC,*** donde se emplea un autocargador para la saca y otro para el reapilado, de tal manera que los pies pueden ser astillados con mayor eficiencia por una astilladora (DUTCH DRAGON 1410) de gran potencia.

Además con esta opción se obtiene una astilla más seca y no fermentada, para lo cual se debe desemboscar con el terreno seco y astillar fuera de la época invernal, con al menos tres meses de diferencia con la época de corta.

En la ***parcela 6*** en la que se detalla el coste de extracción de copa y de trozas, la elección de un método de aprovechamiento de árbol entero o aprovechamiento de madera y biomasa dependerá del valor de madera en el mercado.

En el gráfico adjunto (**Figura 133**) se muestra la comparativa de precios según los métodos arriba indicados.

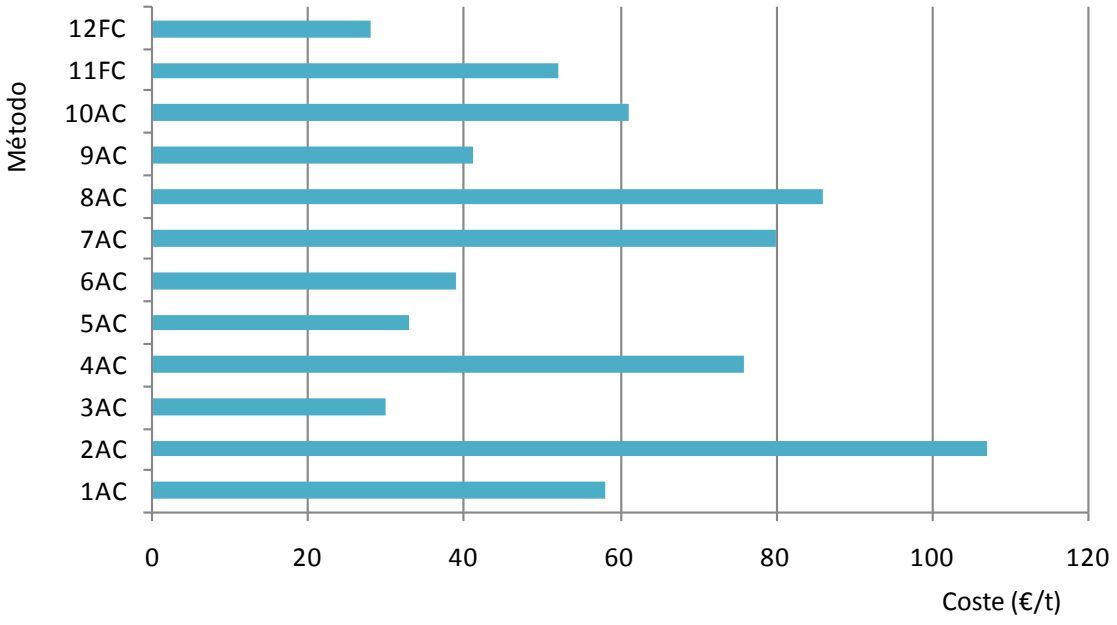


Figura 133. Coste (€/t) según método empleado



5.6. Jaén: Los Engarbos (fase II)

5.6.1. Localización: Área de actuación

En una segunda fase de los trabajos y con el fin de ampliar los ensayos realizados se amplió la superficie de actuación en el monte Los Engarbos.



Figura 134. Croquis de situación

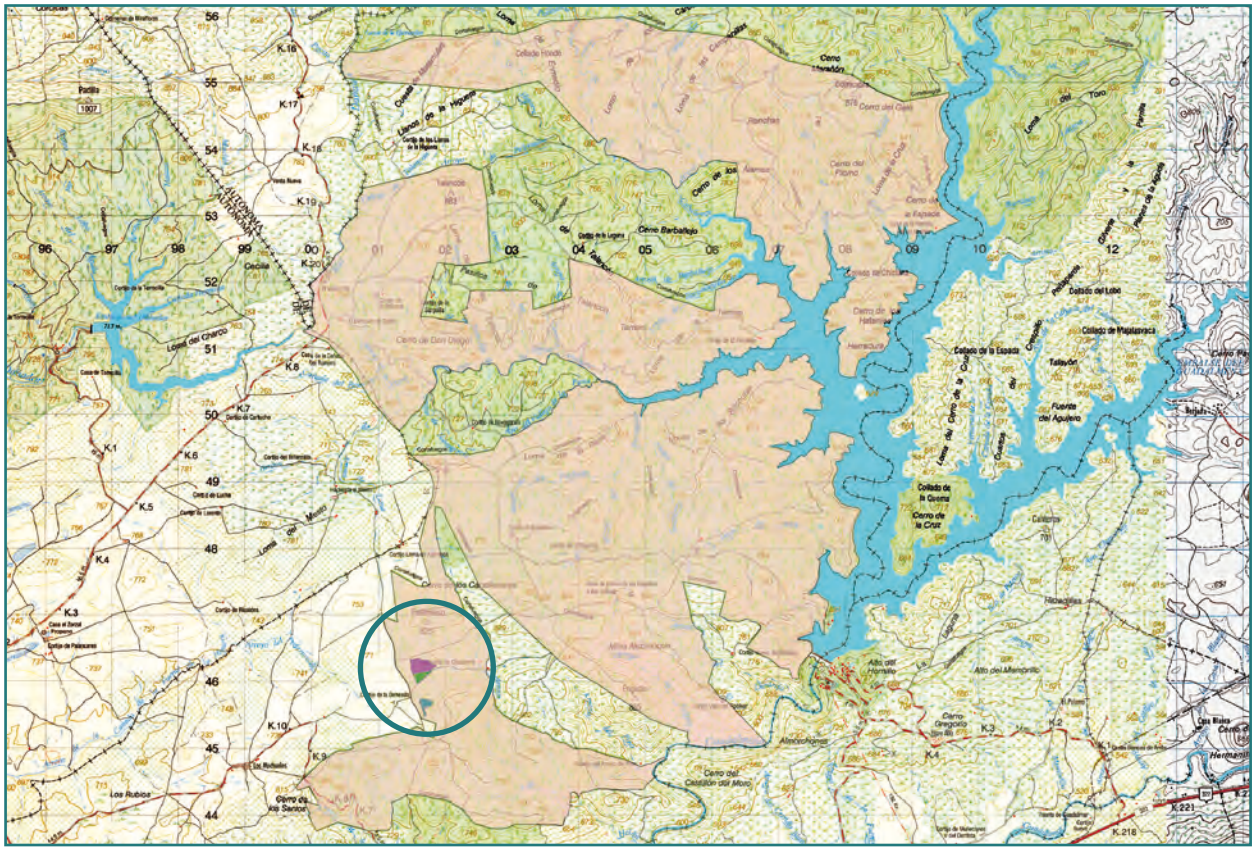


Figura 135. Monte Los Engarbos y Las Beatas

A continuación se realiza una comparativa entre las metodologías utilizadas en ambas fases en el monte Los Engarbos.

Tabla 86. Comparativa entre ambas fases. Monte Los Engarbos

TRABAJO	PRIMERA FASE	SEGUNDA FASE
METODOLOGÍA	Corta y desembosque + astillado en cargadero	Corta, reunión de residuos + empacado, astillado en cargadero o fuera de monte
MAQUINARIA	Diseñadas para el aprovechamiento de madera	Diseñadas específicamente para biomasa voluminosa
MATERIAL	Pies de pino	Biomasa generada en el tratamiento selvícola
APROVECHAMIENTO	Pies enteros	Matorral mediterráneo
	Madera y copas	Madera, copas y restos de poda
PROCESADO DE MADERA	"In situ" (junto a tocón)	En cargadero
RESULTADO	Obtención de madera y astilla	Obtención de madera, astilla y pacas de residuos

Fuente. Elaboración propia

Se ha seleccionado un único cantón representativo con el mismo criterio de corta, estableciéndose tres parcelas con distintas características de orografía y distancias de saca, con el fin de poder comparar metodologías y maquinaria para áreas de similares características.

Como ya se comentó en el apartado 5.5 del presente documento, tal y como se indica en el Plan General, las cortas van encaminadas a la mejora del estado vegetativo de la masa. De esta forma, la producción maderera no es una finalidad, sino que su cálculo responde al objetivo de persistencia y estabilidad de la masa que se ordena y pretende orientar los productos que potencialmente se obtendrán. Las cortas se realizarán sobre pies de las especies *Pinus pinea y Pinus pinaster*.

En la **Tabla 87** se realiza un resumen de las características generales de las tres parceles establecidas.

Tabla 87. Caracterización de las parcelas. Monte Los Engarbos

MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	PENDIENTE (%)	PEDREGOSIDAD (%)	ORIENTACIÓN DOMINANTE	OBSERVACIONES
Los Engarbos	1_Engarbos II	6,2	*Pinus pinaster*	0-30	0	Umbría	Acaballonado
	2_Engarbos II	2,4	*Pinus pinea*	0-30	0	Umbría	Acaballonado
	3_Engarbos II	2,5	*Pinus pinea*	0-30	0	Umbría	-

Fuente. Elaboración propia



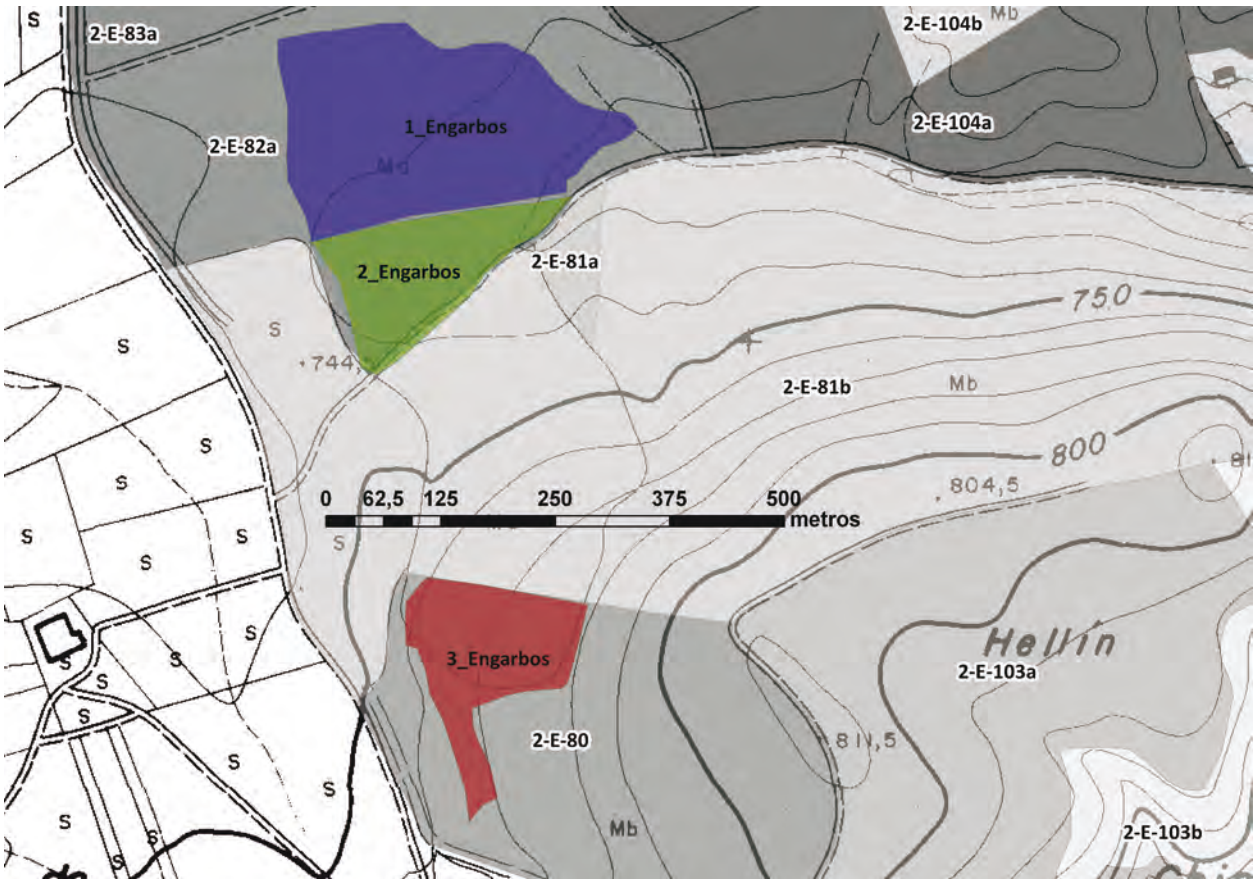


Figura 136. Plano de distribución de parcelas. Monte Los Engarbos, fase II

A continuación pasan a describirse las parcelas donde se han efectuado los trabajos.

- ***Parcela 1_Engarbos II:*** Superficie de 6,2 ha. Se trata de un terreno acaballonado. La parcela no tiene ni pedregosidad ni afloramientos rocosos. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 2.300 metros. Las características de la parcela la hacen muy accesible a la maquinaria.

  La especie objeto del aprovechamiento ha sido el pino resinero (*Pinus pinaster)*. Las actuaciones llevadas a cabo han sido el aprovechamiento de madera de los pies mayores (d>15 cm) y el aprovechamiento de biomasa procedente de los pies menores (d<15cm) y copas de los pies mayores.

- ***Parcela 2_Engarbos II:*** Superficie de 2,4 ha. La pendiente media oscila entre el 0% y el 30%, aunque el terreno está acaballonado. No existe ni pedregosidad ni afloramientos rocosos. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 1.800 metros. Se ha realizado el aprovechamiento de madera de los pies mayores (d>15 cm) y el aprovechamiento de biomasa procedente de los pies menores (d<15cm) y de copas de los pies mayores.

- ***Parcela 3_Engarbos II:*** Superficie de 2,5 ha en la que la pendiente media está comprendida entre el 0% y el 30%. No existe ni pedregosidad ni afloramientos rocosos. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 3.350 metros. La actuación ha consistido en el aprovechamiento de biomasa del árbol completo y de biomasa procedente de matorral, así como aquella procedente de la poda de los árboles que quedan en pie.

  Por último, indicar que otras actividades complementarias a la actuación han sido la creación de cargaderos, con una superficie de 750 m^2, y el repaso superficial de caminos; (perfilado, riego, compactado, carga y transporte de zahorra natural). Además, en las ***parcelas 1*** y ***3*** ha sido necesario el desbroce para facilitar el acceso de los operarios a las mismas.

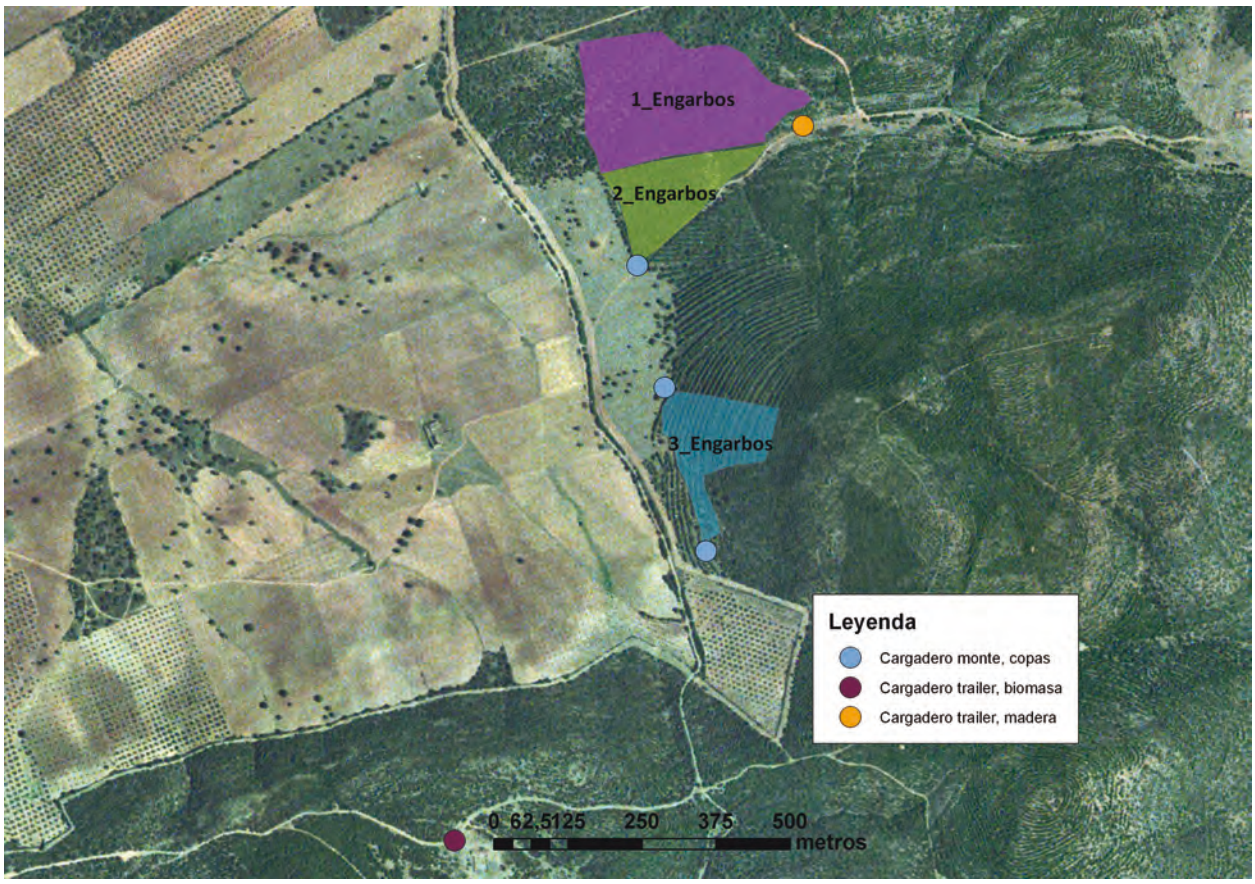


Figura 137. Plano de distribución de parcelas. Monte Los Engarbos, fase II



5.6.2. Metodología. Procedimientos

A continuación se desarrollan los procedimientos de extracción y preparación de la biomasa que se han seguido en cada una de las parcelas, quedando resumidas en la **Tabla 88**.

5.6.2.1. Parcela 1

5.6.2.1.1. Apeo

Se ha realizado apeo con motosierra (STIHL 026) según señalamiento previo, con una intensidad de corta del 23%. Además, aquellos árboles que han quedado en pie se han podado hasta los 3 metros.

5.6.2.1.2. Desembosque

En el desembosque de árbol completo desde la zona de apeo hasta el cargadero donde se procesa el material, se han realizado distintas combinaciones entre un skidder con grapa (CATERPILLAR 525B) y un tractor oruga con cable (FIAT 120C), obteniéndose tres metodologías. En los tres casos se ha realizado desembosque de árbol completo.

1) Reunión y desembosque mediante skidder con grapa.
2) Reunión hasta el jorro con tractor oruga con cable. Desembosque del jorro hasta el cargadero skidder con grapa.
3) Reunión y desembosque con tractor oruga con cable.

Una vez situado el árbol en el cargadero, un motoserrista se ha encargado del procesado y el clasificado, apoyado en esta última tarea por una retroexcavadora (VOLVO EW 170) sobre ruedas, dotada de grapa forestal. En el desembosque de las copas hasta parque de astillado se han empleado dos métodos:

1) Desembosque de copas en tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6910) auxiliado con retroexcavadora (VOLVO EW 170) que realiza la carga.
2) Desembosque de copas con autocargador compresor (TIMBERJACK 1710).

5.6.2.1.3. Astillado

El astillado se ha realizado en las tres parcelas de forma conjunta con una astilladora de alto rendimiento (CBI Magnum Force 6800) de 1.010 cv de potencia.

5.6.2.1.4. Gestión y aprovechamiento del matorral

Inicialmente se había planteado el aprovechamiento de matorral. Sin embargo, este no se ha podido realizar por problemas de accesibilidad de la maquinaria, concretamente de la astilladora (ATILA 180-10B). La presencia de caballones en la parcela y de tocones de corta altos ha provocado que el eje transversal de la astilladora se quedase atascado, derivando en una avería en el sistema de alimentación de la misma. En la prueba de la astilladora, se determina que el material debe disponerse en calles llanas sin cárcavas o desniveles que provoquen que el material quede bajo el nivel de las estrellas que realizan la alimentación. Se ha realizado roza con motodesbrozadora (STIHL 550), reunión manual y posterior eliminación del residuo mediante quema.

5.6.2.2. Parcela 2

5.6.2.2.1. Apeo

En la ***parcela 2***, al igual que en la anterior, se ha realizado el apeo con motosierra (STIHL 026) según señalamiento previo, con una intensidad de corta del 24%. Además, se realiza la poda, mediante pértiga, hasta los 5,5 metros de altura, con un diámetro superior a 6 cm, en aquellos árboles que quedan en pie.

5.6.2.2.2. Desembosque

El desembosque a cargadero ha sido realizado con:

1) Reunión y desembosque mediante skidder con grapa (CATERPILLAR 525B).
2) Reunión y desembosque con tractor oruga con cable (FIAT 120C).

Una vez el árbol en cargadero, un motoserrista se ha encargado del procesado y el clasificado, apoyado en esta última tarea por una retroexcavadora (VOLVO EW 170). En el desembosque de las copas hasta parque de astillado se han empleado dos métodos:

1) Desembosque de copas en tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6910) auxiliado con retroexcavadora (VOLVO EW 170) para hacer la carga.
2) Desembosque de copas con autocargador compresor (TIMBERJACK 1710).

Respecto al aprovechamiento de los restos de poda se ha hecho reunión manual. Sin embargo, por el bajo volumen obtenido, no se ha considerado rentable el astillado del material, por lo que se ha eliminado con una desbrozadora de martillos y astilladora manual.

5.6.2.2.3. Astillado

El astillado se ha realizado en las tres parcelas de forma conjunta con una astilladora de alto rendimiento (CBI Magnum Force 6800).

5.6.2.3. Parcela 3

5.6.2.3.1. Apeo

En la ***parcela 3*** se ha realizado apeo con motosierra (STIHL 026) según señalamiento previo, con una intensidad de corta del 23%. No se realiza procesado de madera puesto que el diámetro medio de los pies no es lo suficientemente grande como para obtener madera con destino a aserrío.

5.6.2.3.2. Desembosque

Se ha ejecutado el desembosque del árbol completo desde la zona de apeo hasta el cargadero mediante tractor oruga con cable (FIAT 120C). Desde el cargadero hasta el parque de astillado se emplea el autocargador compresor (TIMBERJACK 1710).

5.6.2.3.3. Astillado

El astillado se ha realizado en las tres parcelas de forma conjunta con una astilladora de alto rendimiento (CBI Magnum Force 6800).

5.6.2.3.4. Gestión y aprovechamiento del matorral

Se han probado dos metodologías de gestión y aprovechamiento de biomasa sobre la jara pringosa (*Cistus ladanifer*). Inicialmente se había planteado el aprovechamiento mediante el descuaje y la reunión del matorral con bulldozer. Sin embargo, se ha obtenido un material muy contaminado por tierra, que ha impedido el uso de la astilladora.

Es por ello por lo que se ha procedido, en una segunda metodología, a:

1) Roza de matorral con motodesbrozadora (STIHL 550).
2) Reunión manual.
3) Astillado con astilladora (ATILA 180-10B).

Este ensayo ha sido satisfactorio, siempre y cuando las calles donde se acordone el material a procesar sean lisas y la pendiente no supere el 30%.

Tabla 88. Resumen de actuaciones. Monte Los Engarbos fase II

FASE DE TRABAJO	PARCELA 1	PARCELA 2	PARCELA 3
Gestión y aprovechamiento de pinar			
1	Apeo manual con motosierra	Apeo manual con motosierra	Apeo manual con motosierra
2	Desembosque de árbol completo con skidder con grapa y/o tractor oruga con cable, hasta cargadero	Desembosque de árbol completo con skidder con grapa y/o tractor oruga con cable, hasta cargadero	Desembosque de árbol completo con tractor oruga con cable hasta cargadero
3	Procesado y clasificado de madera con motoserrista y retroexcavadora en cargadero	Procesado y clasificado de madera con motoserrista y retroexcavadora en cargadero	Desembosque de árbol completo con autocargador compresor
4	Desembosque de copas de cargadero a parque de astillado con tractor con contenedor o autocargador compresor	Desembosque de copas de cargadero a parque de astillado con tractor con contenedor o autocargador compresor	Astillado con astilladora
5	Astillado con astilladora	Astillado con astilladora	-
6	-	Poda manual con motosierra de pértiga y reunión manual de los restos de poda	-
7	-	Eliminación del residuo con desbrozadora de martillos	-
Gestión y aprovechamiento de matorral			
1	Roza manual de matorral con motodesbrozadora	-	Descuaje y reunión de matorral con bulldozer
2	Reunión manual del matorral generado	-	Eliminación del residuo con desbrozadora de martillos
3	Eliminación de matorral (jara) mediante quema	-	Roza manual de matorral con motodesbrozadora
4	-	-	Reunión manual del matorral generado
5	-	-	Astillado de matorral con astilladora

Fuente. Elaboración propia

5.6.3. Resultados

5.6.3.1. Actualización de los datos de inventario

En la **Tabla 89** se muestra la densidad inicial (pies/ha) y el número de pies presentes en cada parcela. Los datos del inventario de la parcela 1 se han obtenido a partir de los datos del inventario del Proyecto de Ordenación. Además, se ha realizado una parcela de contraste a fin de conocer la adecuación de los datos del Proyecto a la parcela de trabajo. Por otro lado, en las ***parcelas 2*** y ***3,*** se han empleado los datos del inventario realizado en la primera fase del proyecto.

Tabla 89. Datos de Inventario. Monte Los Engarbos fase II

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)	Dn MEDIO (cm)	PIES TOTALES
Jaén	Los Engarbos	1_Engarbos II	6,2	625	-	3.875
		2_Engarbos II	2,4	444	17,5	1.066
		3_Engarbos II	2,5	744	11,9	1.860

Para que todos los resultados obtenidos puedan ser comparables, estos pesos secos están referidos a un porcentaje del 30% de humedad, como se muestra en las **Tablas 90** y **91**.

Tabla 90. Peso (kg, 30% humedad) por clase diamétrica. Valores modulares *Pinus pinea*

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	2,9	6,5	9,3
2	7,5-12,5	14,5	26,0	40,5
3	12,5-17,5	37,5	58,7	96,1
4	17,5-22,5	73,5	104,6	178,1
5	22,5-27,5	124,0	163,8	287,8
6	27,5-32,5	190,1	236,2	426,3
7	32,5-37,5	272,8	322,0	594,8

Fuente. Elaboración propia (ver **apartado 5.5.3.2**)

Tabla 91. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica. Valores modulares *Pinus pinaster*

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	2,7	0,8	3,5
2	7,5-12,5	16,1	4,6	20,7
3	12,5-17,5	44,7	10,7	55,4
4	17,5-22,5	92,4	23,5	116,0
5	22,5-27,5	162,1	40,0	202,2
6	27,5-32,5	256,4	62,4	318,8
7	32,5-37,5	377,4	91,1	468,5

Fuente. Montero, G. *et al* (2006) "Producción de biomasa y fijación de $C0_2$ por los bosques españoles". INIA

5.6.3.2. Criterio de corta y señalamiento

A partir de la información procedente del señalamiento, se ha obtenido una biomasa teórica extraída (**Tabla 92**) empleando el diámetro normal del árbol tipo de cada parcela demostrativa y los valores modulares propios de cada especie, vistos en las tablas anteriores.

Tabla 92. Datos de señalamiento. Monte Los Engarbos fase II

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)		Dn CORTA	% CORTA	PESO EXTRAÍDO[1]	
				INICIAL	FINAL			(kg/pie)	(t/ha)
Jaén	Los Engarbos	1_Engarbos II	6,2	625	483	24,6	23	194,0	27,6
		2_Engarbos II	2,4	444	337	23,2	24	263,4	28,3
		3_Engarbos II	2,5	744	569	16,9	23	134,4	23,5

Fuente. Elaboración propia

[1]Peso (en kg con un 30% de humedad)

Se ha aplicado un porcentaje de corta de intensidad baja, debido a que el criterio utilizado es el de corta de mejora por tratarse de masas jóvenes.

En la ***parcela 1***, se desarrolla una masa pura y coetánea de pino resinero. El criterio es conservador debido al aspecto de los pies, con alto riesgo de derrumbe natural en caso de cortas intensas por la acción del viento, provocando la apertura de rasos naturales, que son susceptibles de ser invadidos por matorral.



En la ***parcela 2*** existe una masa pura y coetánea de pino piñonero. Ya se habían practicado los clareos, de ahí que el peso del pie medio sea muy superior al de las masas colindantes. La densidad final establecida es aquella que se ha considerado que optimiza la formación de la copa para producción de piña y permite el desarrollo de frondosas y matorral noble.

En la ***parcela 3*** también se desarrolla una masa pura y coetánea de pino piñonero, pero sin clareos previos y con mala calidad de estación. El crecimiento de los pies no permite cortas más intensas, ya que la fracción de cabida cubierta bajaría en cuantías importantes, provocando la invasión del matorral.

Estos criterios son una muestra representativa de los montes y circunstancias existentes en terrenos poblados con estas especies de pinar en este ámbito geográfico.

5.6.3.3. Distribución de tiempos de la maquinaria

Se ha calculado el tiempo que invierte cada máquina en los procesos en los que interviene con la finalidad de obtener el tiempo operativo real y el porcentaje que dedica a cada operación.

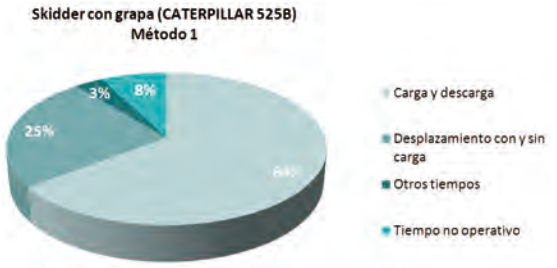


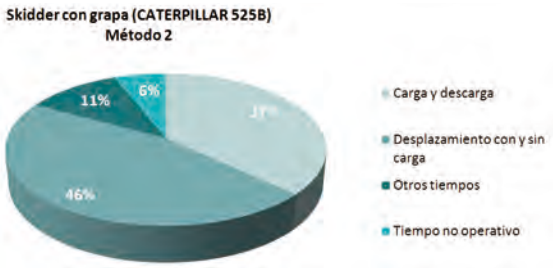
5.6.3.3.1. Parcela 1

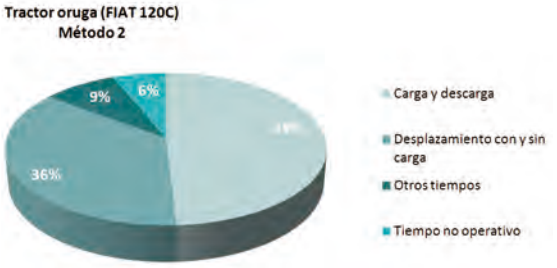
Tabla 93. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Los Engarbos fase II

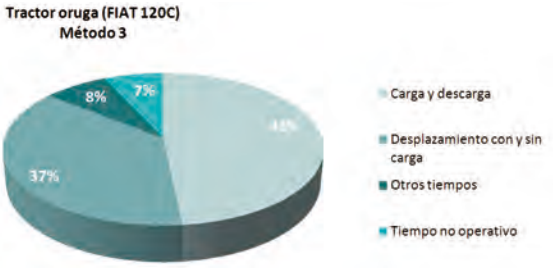
PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
1_Engarbos II	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B) Subparcela 1	114	**Ciclo completo**	**13,1**	**89**
			Carga y descarga	9,5	65
			Desplazamiento con y sin carga	3,6	25
			Tiempo no operativo	**1,1**	**8**
			Otros tiempos	**0,5**	**3**
			Total	**14,8**	**100**
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B) Subparcela 2	155	**Ciclo completo**	**6,9**	**83**
			Carga y descarga	3,1	37
			Desplazamiento con y sin carga	3,8	46
			Tiempo no operativo	**0,5**	**6**
			Otros tiempos	**0,9**	**11**
			Total	**8,3**	**100**
	Tractor oruga (FIAT 120C) Subparcela 3	228	**Ciclo completo**	**14,2**	**85**
			Carga y descarga	8,2	49
			Desplazamiento con y sin carga	6,0	36
			Tiempo no operativo	**1,0**	**6**
			Otros tiempos	**1,4**	**9**
			Total	**16,6**	**100**
	Tractor oruga (FIAT 120C) Subparcela 3	279	**Ciclo completo**	**17,4**	**86**
			Carga y descarga	9,8	48
			Desplazamiento con y sin carga	7,6	37
			Tiempo no operativo	**1,4**	**7**
			Otros tiempos	**1,5**	**7**
			Total	**20,3**	**100**
	Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6910)	58	**Ciclo completo**	**7,9**	**64**
			Carga y descarga	3,5	29
			Desplazamiento con y sin carga	4,4	36
			Tiempo no operativo	**3,3**	**27**
			Otros tiempos	**1,1**	**9**
			Total	**12,3**	**100**
	Autocargador compresor (TIMBERJACK 1410)	41	**Ciclo completo**	**6,7**	**63**
			Carga y descarga	3,2	30
			Desplazamiento con y sin carga	3,5	33
			Tiempo no operativo	**0,5**	**4**
			Otros tiempos	**3,5**	**33**
			Total	**10,7**	**100**
	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	197	**Apeo**	**39,0**	**78**
			Tiempo no operativo	**5,2**	**10**
			Otros tiempos	**5,8**	**12**
			Total	**50,0**	**100**
	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	15	**Astillado**	**6,6**	**39**
			Otros tiempos	**10,6**	**61**
			Total	**17,2**	**100**

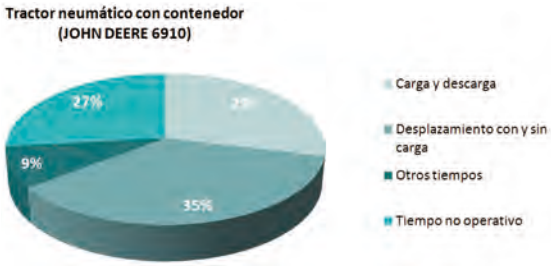
Fuente. Elaboración propia

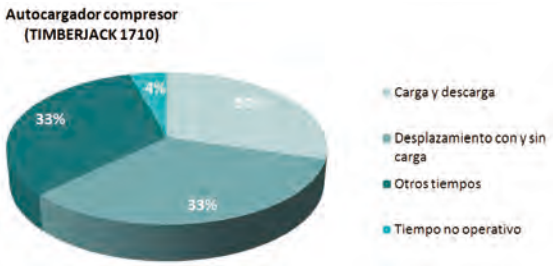


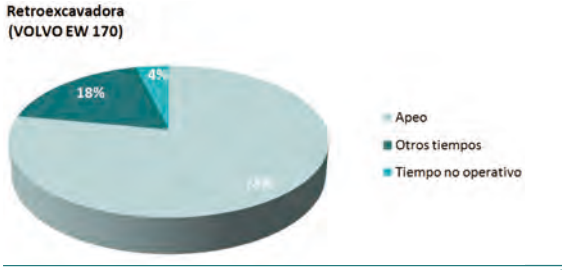


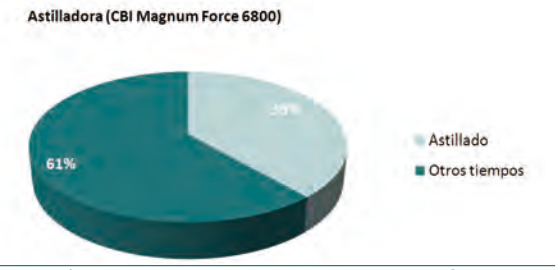












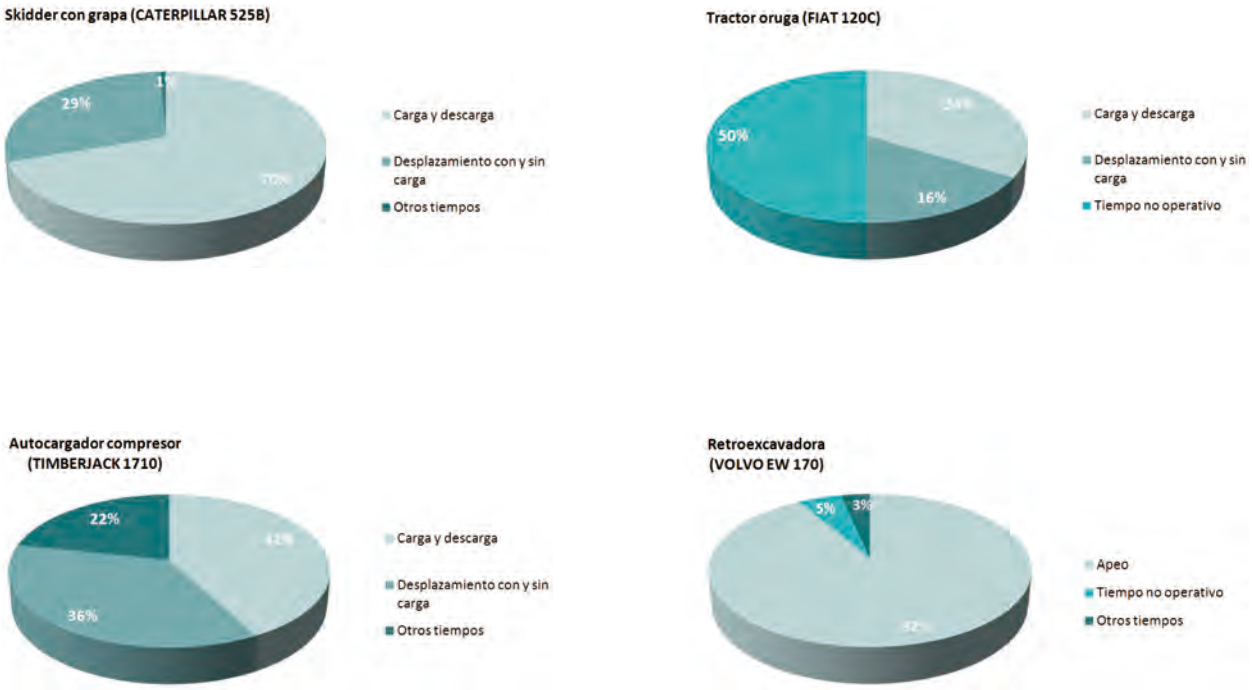
Figuras 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144 y 145. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 1_Engarbos fase II

5.6.3.3.2. Parcela 2

Tabla 94. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Los Engarbos fase II

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
2_Engarbos II	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	33	**Ciclo completo**	**2,8**	**99**
			Carga y descarga	2,0	70
			Desplazamiento con y sin carga	0,8	30
			Otros tiempos	**0,0**	**1**
			Total	**2,8**	**100**
	Tractor oruga (FIAT 120C)	152	**Ciclo completo**	**9,3**	**50**
			Carga y descarga	6,3	34
			Desplazamiento con y sin carga	3,0	16
			Otros tiempos	**9,3**	**50**
			Total	**18,6**	**100**
	Autocargador compresor (TIMBERJACK 1710)	51	**Ciclo completo**	**8,1**	**78**
			Carga y descarga	4,4	42
			Desplazamiento con y sin carga	3,7	36
			Tiempo no operativo	**2,3**	**22**
			Total	**10,3**	**100**
	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	33	**Apeo**	**12,9**	**92**
			Tiempo no operativo	**0,7**	**5**
			Otros tiempos	**0,5**	**3**
			Total	**14,1**	**100**

Fuente. Elaboración propia



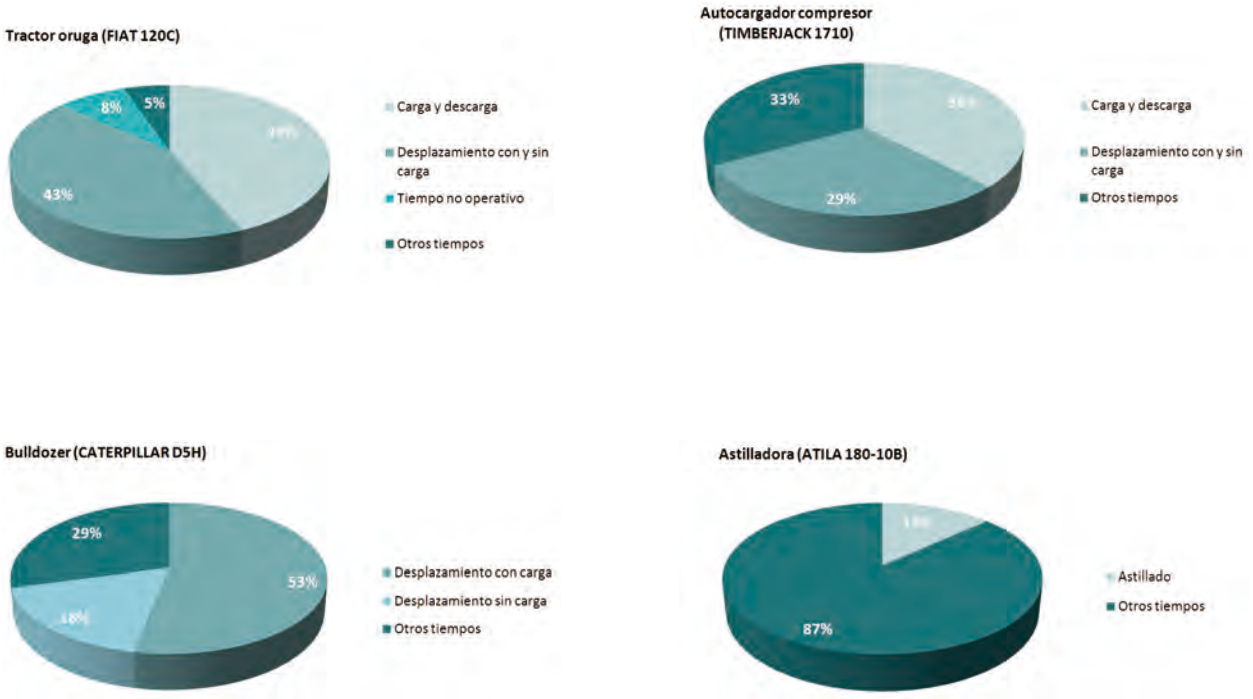
Figuras 146, 147, 148 y 149. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 2_Engarbos fase II

5.6.3.3.3. Parcela 3

Tabl 95. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Los Engarbos fase II

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
3_Engarbos II	Tractor oruga (FIAT 120C)	310	**Ciclo completo**	**14,3**	**87**
			Carga y descarga	7,2	43
			Desplazamiento con y sin carga	7,1	43
			Tiempo no operativo	**1,4**	**8**
			Otros tiempos	**0,9**	**5**
			Total	**16,5**	**100**
	Autocargador compresor TIMBERJACK 1710)	35	**Ciclo completo**	**6,2**	**67**
			Carga y descarga	3,5	38
			Desplazamiento con y sin carga	2,7	29
			Otros tiempos	**3,0**	**33**
			Total	**9,2**	**100**
	Bulldozer (CATERPILLAR 5H)	35	**Desplazamiento con carga**	**2,6**	**53**
			Desplazamiento sin carga	0,9	18
			Otros tiempos	**1,4**	**29**
			Total	**4,8**	**100**
	Astilladora (ATILA 180-10B)	9	**Astillado**	**0,1**	**13**
			Otros tiempos	**0,8**	**87**
			Total	**0,9**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 150, 151, 152 y 153. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 3_Engarbos fase II

5.6.3.4. Gestión y aprovechamiento del pinar

5.6.3.4.1. Desembosque

En las **Tabla 96, 97, 98** y **99** se presentan los resultados de distancias medias recorridas por la maquinaria, el rendimiento medio obtenido y el coste por hectárea y tonelada, así como la pendiente media de trabajo en los trabajos de desembosque. El desarrollo de los trabajos se ha realizado siempre en condiciones favorables, es decir, sin presencia de pedregosidad, afloramientos rocosos, regenerado, lluvia ni barro, únicamente cabe resaltar el aterrazado propio de las parcelas.

Tabla 96. Resultados de los datos de desembosque, parcela 1_Engarbos fase II

PARCELA	OPERACIÓN	MÉTODO	MÁQUINA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO		COSTE MEDIO	
						(pie/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
1_Engarbos II	Desembosque a cargadero	1	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	299	0-30	19	3,6	643	23
		2	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	18	0-30	24	4,6	390	14
			Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	282	0-30	51	9,8	236	9
		3	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	133	0-30	19	3,6	498	18
	Clasificado	1	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	54	0-30	23	4,3	364	13
	Desembosque a parque de astillado	1	Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6910)	1.680	0-30	18	3,5	74	13
		2	Autocargador compresor (TIMBERJACK 1710)	2.148	0-30	50	9,7	58	10

Fuente. Elaboración propia

A la vista de la **Tabla 96** se observa que en la ***parcela 1*** el desembosque a cargadero que resulta económicamente más ventajoso es el realizado por el tractor oruga con cable, que se encarga de la reunión y el desembosque de los árboles completos, correspondiente con el método 3, con un coste de 18 €/t. Esta ventaja económica se debe a que con ambas máquinas se obtiene el mismo rendimiento, aunque en el coste de la operación, el precio del tractor oruga es muy inferior al del skidder. Esta diferencia se va atenuando conforme se aumenta la distancia de desembosque, de forma que cuanto mayor es la distancia de saca, más eficiente resulta realizar la saca con skidder.

En lo que respecta al desembosque de copas a parque de astillado, el uso del autocargador compresor minimiza los costes. Pese a tener un coste horario mayor (97 €/h frente a 45 €/h del tractor neumático), el rendimiento obtenido por el autocargador compresor es mucho mayor.

En los siguientes gráficos se observa cómo disminuye el rendimiento en función de la distancia de desembosque para el skidder con grapa (CATERPILLAR 525B).

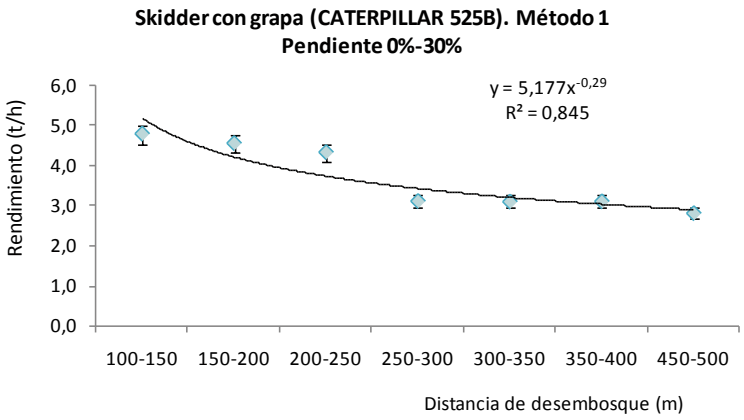


Figura 154. Gráfico de dispersión. Parcela 1_Engarbos fase II, método 1. n=7

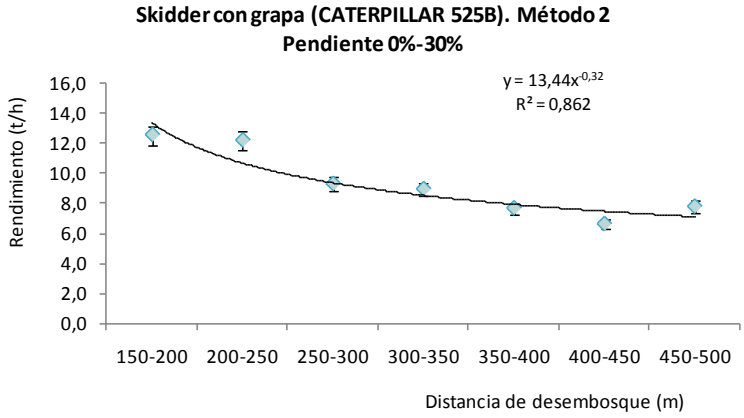


Figura 155. Gráfico de dispersión. Parcela 1_Engarbos fase II, método 2. n=7

Si se comparan los rendimientos del skidder con grapa (CATERPILLAR 525B) en ambos métodos (**Figura 156**) se observa que en el método 2 se obtienen mejores resultados, pues únicamente realiza labores de desembosque desde el jorro hasta el cargadero. La siguiente comparación se ha obtenido a partir de las ecuaciones procedentes de los gráficos anteriores (**Figuras 154 y 155**).

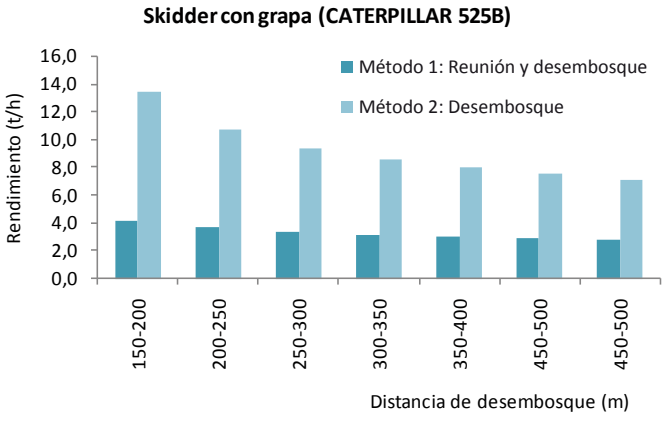


Figura 156. Comparación entre los métodos 1 y 2. Parcela 1_Engarbos, fase II

En las **Figuras 157 y 158** se exponen los gráficos del tractor oruga (FIAT 120C). Ambos gráficos no son comparables como en el caso anterior (**Figura 156**), puesto que las distancias recorridas por el tractor oruga (FIAT 120C) en el método 2 son mucho menores, debido a que únicamente realiza labores de reunión desde la zona de apeo hasta el jorro o vía de saca.

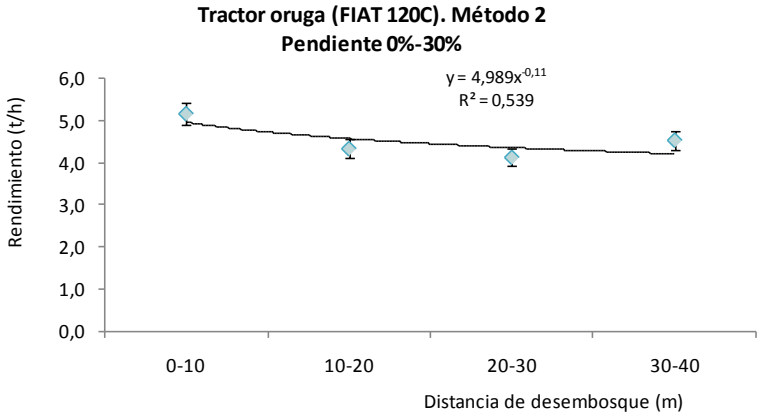


Figura 157. Gráfico de dispersión. Parcela 1_Engarbos fase II, método 2. n=4

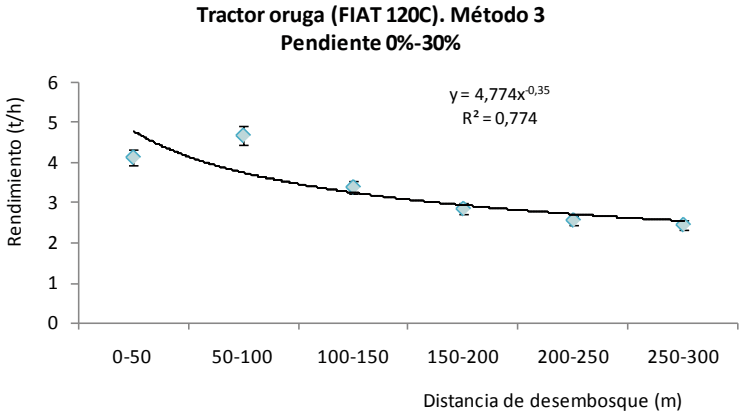


Figura 158. Gráfico de dispersión. Parcela 1_Engarbos fase II, método 3. n=6

Tabla 97. Resultados de los datos de desembosque, parcela 2_Engarbos fase II

PARCELA	OPERACIÓN	MÉTODO	MÁQUINA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO		COSTE MEDIO	
						(pie/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
2_Engarbos II	Desembosque a cargadero	1	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	228	0-30	24	6,2	383	14
		2	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	38	0-30	20	5,3	347	12
	Clasificado	1	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	-	0-30	15	4,0	401	14
	Desembosque a parque de astillado	1	Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6910)	30	0-30	22	5,9	214	8
		2	Autocargador compresor (TIMBERJACK 1710)	1.491	0-30	16	4,2	652	23

Fuente. Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que en la ***parcela 2*** el desembosque económicamente más ventajoso es el tractor oruga con cable (FIAT 120C), del mismo modo que se comentó en la parcela 1. En esta parcela, el rendimiento del desembosque es mayor porque el tamaño de los pies es un 10% superior a la parcela anterior. Si bien, el rendimiento del skidder es muy superior, ya que la producción horaria supera a la del tractor oruga en cuatro unidades. Dado que el tamaño de los pies no es muy alto, el coste final no se ve afectado por esta mejora.

Además, en la ***parcela 2*** se emplea el tractor oruga para zonas cercanas, donde es más eficiente, y el skidder en zonas lejanas, donde su velocidad de desplazamiento le da cierta ventaja sobre el tractor oruga. Se puede concluir que es necesario seleccionar adecuadamente, allí donde sean más eficientes. En caso de que los pies tuvieran un mayor peso, el coste final del desembosque sería más favorable para el skidder.

A diferencia de la parcela anterior, el desembosque a parque de astillado es más rentable realizarlo con el tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6910). En este caso el rendimiento del autocargador compresor ha sido menor porque transporta solo restos de copas y ramas dispersas, lo que difumina la ventaja productiva que ofrece frente al tractor y la giratoria. Esto, unido al mayor coste horario frente al tractor neumático, incrementa el coste por tonelada. Del estudio del rendimiento por volumen se obtiene:

- Tractor neumático con contenedor con giratoria: 75 est/h.
- Autocargador compresor: 109 est/h.

Esto indica que el autocargador es un equipo más eficiente, si bien, cuando el volumen procesado no aporta peso de material, por su baja densidad, su mejora cuantitativa no se ve reflejada en el coste de la operación.

En la **Figura 159** se muestra la evolución del rendimiento del skider con grapa (CATERPILLAR 525B).

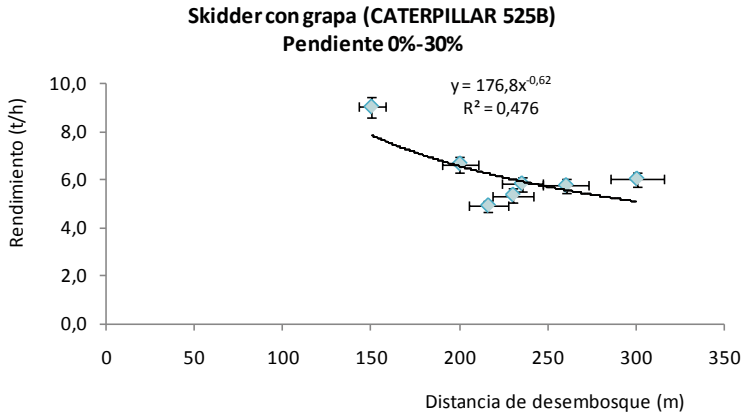


Figura 159. Gráfico de dispersión. Parcela 2_Engarbos, método 3. n=7

Tabla 98. Resultados de los datos de desembosque, parcela 3_Engarbos fase II

PARCELA	OPERACIÓN	MÉTODO	MÁQUINA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO		COSTE MEDIO	
						(pie/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
3_Engarbos II	Desembosque a cargadero	1	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	50	0-30	30	4,0	381	16
	Desembosque a parque de astillado	1	Autocargador compresor (TIMBERJACK 1710)	1.522	0-30	41	5,5	413	18

Fuente. Elaboración propia

Se emplea en el desembosque sólo un tractor oruga con cable, que en las distancias cortas es económicamente más ventajoso que el skider. Los árboles completos se destinan enteramente a astillado, y su saca es más costosa porque suponen un gran volumen frente al escaso peso que tienen.

Tabla 99. Rendimiento (t/h) en función de la distancia de desembosque (m) y la pendiente. Monte Los Engarbos fase II

PARCELA	MÉTODO	MÁQUINA	DISTANCIA MEDIA (m)	PENDIENTE MEDIA (%)	DISTANCIA (m)	RENDIMIENTO (t/h)			Nº CICLOS	ECUACIÓN[1]	R^2
						MED	MIN	MAX			
1_Engarbos II	1	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	299	0-30	100-500	3,6	2,8	4,8	23	Rdto (t/h)= $5,1775*I^{-0,297}$	0,8455
	2	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	18	0-30	0-40	4,6	4,1	5,2	46	Rdto (t/h)= $4,9898*I^{-0,118}$	0,5399
		Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	282	0-30	150-500	9,8	6,6	12,5	36	Rdto (t/h)= $13,441*I^{-0,325}$	0,8622
	3	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	133	0-30	0-300	3,6	2,4	4,7	54	Rdto (t/h)= $4,7748*I^{-0,332}$	0,7747
	1	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	54	0-30	18-200	4,4	2,0	7,8	84		
	1	Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6910)	1.680	0-30	300-2.100	3,5	1,6	5,8	9		
	2	Autocargador compresor (TMBERJACK 1710)	2.148	0-30	1.860-2.300	9,7	5,8	13,1	6		
2_Engarbos II	1	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	228	0-30	150-300	6,2	4,9	9,0	8	Rdto (t/h)= $176,86*D^{-0,622}$	0,4762
	2	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	38	0-30	6-110	5,3	3,7	6,1	37		
	1	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	30	0-30	20-50	4,0	2,6	5,6	14		
	1	Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6910)	30	0-30	30	5,9	-	-	1		
	2	Autocargador compresor (TMBERJACK 1710)	1.491	0-30	420-1.800	4,2	2,7	5,4	9		
3_Engarbos II	1	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	50	0-30	10-210	4,0	2,8	4,4	73		
	1	Autocargador compresor (TMBERJACK 1710)	3.072	0-30	1.500-1.650	5,5	3,0	7,6	7		

Fuente. Elaboración propia

[1] **I:** Intervalo de distancia de desembosque (m); **D:** Distancia de desembosque (m)

Como se puede comprobar en la **Tabla 99**, el mejor rendimiento para saca de madera se obtiene empleando el skidder con grapa, que realiza el desembosque de árboles apilados a pie de vía de saca. El rendimiento más bajo es el obtenido con el tractor oruga, que ha realizado la saca de pies de pequeño tamaño en distancias de 0 a 300 metros.

En el caso del desembosque secundario, a cargadero de tráiler, el mejor rendimiento se obtiene con el autocargador compresor, que permite la carga de ramajes y su transporte por caminos secundarios. No obstante, resulta una operación muy costosa que debe ser evaluada, pues se puede obviar bien mediante la mejora de las pistas o bien por el empleo de medios de transporte de poca carga, siempre que la distancia recorrida sea pequeña.

En la **Figura 160** se muestra la relación entre el peso del árbol tipo (kg) y el rendimiento (t/h) en las operaciones de desembosque a cargadero.

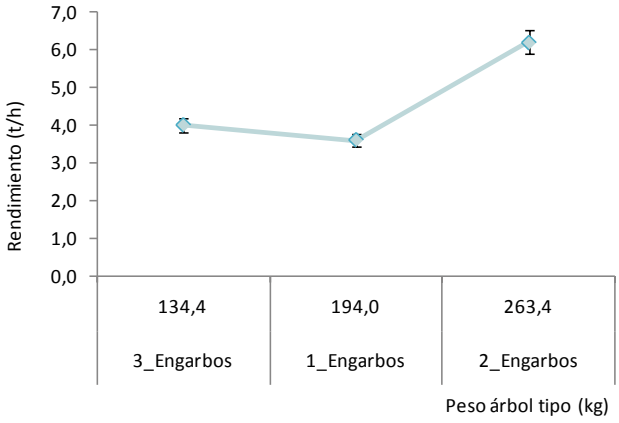


Figura 160. Rendimiento (t/h) en función del peso del árbol tipo (kg)

En esta gráfica se observa que el peso del pie unitario es muy influyente, pues en el rango de tamaños de los pies que se han empleado en este demostrativo, el resultado varía. El rendimiento en número de pies no se ve alterado por el tamaño de éstos, si bien mientras mayor sea el peso del árbol procesado, más rentable resulta la extracción.

El ensayo de las ***parcelas 1*** *y* ***2*** contempla la opción de extracción de madera para aserrío. El coste de la operación ronda los 14 €/t, lo cual resulta muy alto en comparación con el precio de venta del producto. Este coste se debe principalmente al pequeño tamaño de los pies y al escaso porcentaje de madera de aserrío del fuste con respecto al total.

En la **Figura 161** se muestra la relación entre el peso del árbol tipo (kg) y el rendimiento (t/h) en las operaciones de clasificado. El peso unitario de los pies resulta también muy determinante en esta operación. En la ***parcela 1***, los rendimientos por pie son mucho mejores debido a la rectitud del fuste de pino resinero y a la escasez de ramas. A pesar de que el peso del pie tipo es mayor en la ***parcela 2***, el coste de clasificado obtenido en la ***parcela 1*** es algo inferior dadas las características de la madera.

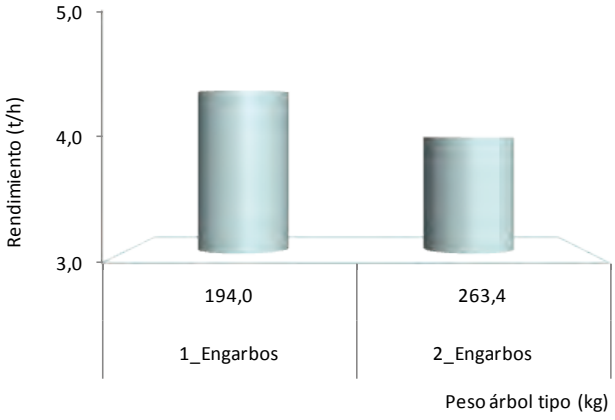


Figura 161. Rendimiento (t/h) en función del peso del árbol tipo (kg)

5.6.3.4.2. Astillado

En la **Tabla 100** se presentan los resultados obtenidos para el astillado: el rendimiento medio y coste por hectárea y tonelada. Existe un único rendimiento porque todo el astillado del material se ha realizado de forma conjunta con la astilladora (CBI *Magnum Force* 6800).

Tabla 100. Rendimiento (t/h) en las operaciones de astillado. Monte Los Engarbos fase II

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE	
			(€/ha)	(€/t)
1,2,3_Engarbos II	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	57	10

Fuente. Elaboración propia



5.6.3.5. Gestión y aprovechamiento del matorral

En las ***parcelas 1*** y ***3*** se ha realizado gestión y aprovechamiento de *Cistus ladanifer*. El procedimiento seguido ha sido:

1) Roza con motodesbrozadora (STIHL 550).
2) Reunión manual.
3) Astillado con astilladora (ATILA) sobre tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE) o quema.

En la ***parcela 1*** no se ha podido realizar el astillado porque los caballones de la parcela eran muy pronunciados y los tocones de corta altos, lo que ha provocado que el eje transversal de la astilladora se quedara atascado, provocando una avería en el sistema de alimentación de la misma.

5.6.3.5.1. Desbroce y reunión

El desbroce se realiza mediante un equipo compuesto por un desbrozador y un peón. Este último acordona los residuos en franjas con acceso para la maquinaria.

Tabla 101. Rendimiento (t/h) en las operaciones de desbroce. Monte Los Engarbos fase II

PARCELA	MAQUINARIA	RDTO (m^2/h)	EXISTENCIAS (t/ha)	COSTE	
				(€/ha)	(€/t)
1_Engarbos II	Motodesbrozadora (STIHL 550)	2.240	6,2	89,3	14,4

Fuente. Elaboración propia

5.6.3.5.2. Astillado

Tabla 102. Rendimiento (t/h) en las operaciones de astillado. Monte Los Engarbos fase II

PARCELA	MAQUINARIA	RDTO (t/h)	EXISTENCIAS (t/ha)	COSTE	
				(€/ha)	(€/t)
3_Engarbos II	Astilladora (ATILA) sobre tractor	13,5	3,4	26	8

Fuente. Elaboración propia

De esta experiencia se extraen varias conclusiones:

1. La ejecución de la roza no se puede mecanizar porque los implementos de los equipos testados son contaminados por tierra y piedras. Es preciso un estudio minucioso y pormenorizado de esta actividad para alcanzar su viabilidad.
2. La roza y reunión manual aumenta excesivamente los costes por hectárea.
3. La cuantía de matorral aprovechado para biomasa, es muy baja por hectárea, por lo que resulta muy difícil rentabilizar las operaciones.
4. La astilladora empleada procede del sector del olivar, que no está adaptada para la presencia de piedras y desniveles. Esto supone que ofrece muchas limitaciones en el empleo forestal. Sin embargo con pequeñas modificaciones posiblemente se podría llegar a un prototipo específico para el monte.

5.6.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos

En las **Tablas 103, 104 y 105** se presenta un resumen de todos los datos mostrados con anterioridad, de tal manera se ofrecen resultados sintetizados para cada uno de los procedimientos utilizados en cada parcela.

Tabla 103. Rendimiento (t/h) y costes de extracción aprovechamiento biomasa forestal. Parcela 1_Engarbos fase II

PARCELA	METODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
1_Engarbos II	1AC/MC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,8	5	64
		Desembosque a cargadero	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	3,6	23	
		Clasificado	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	4,4	13	
		Desembosque a parque	Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6910)	3,5	13	
		Astillado en parque	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	10	
	2AC/MC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,8	5	63
		Desembosque a cargadero	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	4,6	14	
			Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	9,8	9	
		Clasificado	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	4,4	13	
		Desembosque a parque	Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6910)	3,5	13	
		Astillado en parque	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	10	
	3AC/MC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,8	5	58
		Desembosque a cargadero	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	3,6	18	
		Clasificado	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	4,4	13	
		Desembosque a parque	Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6910)	3,5	13	
		Astillado en parque	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	10	
	4AC/MC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,8	5	61
		Desembosque a cargadero	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	3,6	23	
		Clasificado	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	4,4	13	
		Desembosque a parque	Autocargador compresor (TIMERJACK 1710)	9,7	10	
		Astillado en parque	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	10	

PARCELA	METODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
1_Engarbos II	5AC/MC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,8	5	60
		Desembosque a cargadero	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	4,6	14	
			Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	9,8	9	
		Clasificado	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	4,4	13	
		Desembosque a parque	Autocargador compresor (TIBERJACK 1710)	9,7	10	
		Astillado en parque	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	10	
	6AC/MC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,8	5	56
		Desembosque a cargadero	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	3,6	18	
		Clasificado	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	4,4	13	
		Desembosque a parque	Autocargador compresor (TIMERJACK 1710)	9,7	10	
		Astillado en parque	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	10	

Fuente. Elaboración propia **AC:** Árbol completo **MC:** Madera + copa

En la ***parcela 1*** el método que resulta económicamente más ventajoso es el 6AC/MC es en el que se emplea el tractor oruga con cable (FIAT 120C) para realizar el desembosque desde la zona de apeo hasta el cargadero y el autocargador compresor (TIMBERJACK 1710) para el desembosque desde el cargadero (y zona de clasificado) hasta el parque de astillado.



Tabla 104. Rendimiento (t/h) y costes de extracción aprovechamiento biomasa forestal. Parcela 2_Engarbos

PARCELA	METODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
2_Engarbos II	7AC/MC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	5,8	4	49
		Desembosque a cargadero	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	6,1	14	
		Clasificado	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	4,0	14	
		Desembosque a parque	Tractor neumático con conenedor (JOHN DEERE 6910)	5,9	8	
		Astillado en parque	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	10	
	8AC/MC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	5,8	4	65
		Desembosque a cargadero	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525B)	6,1	14	
		Clasificado	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	4,0	14	
		Desembosque a parque	Autocargador compresor TIMBERJACK 1710)	4,2	23	
		Astillado en parque	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	10	
	9AC/MC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	5,8	4	48
		Desembosque a cargadero	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	5,3	12	
		Clasificado	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	4,0	14	
		Desembosque a parque	Tractor neumático con conenedor (JOHN DEERE 6910)	5,9	8	
		Astillado en parque	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	10	
	10AC/MC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	5,8	4	63
		Desembosque a cargadero	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	5,3	12	
		Clasificado	Retroexcavadora (VOLVO EW 170)	4,0	14	
		Desembosque a parque	Autocargador compresor TIMBERJACK 1710)	4,2	23	
		Astillado en parque	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	10	

Fuente. Elaboración propia **AC:** Árbol completo **MC:** Madera + copa

En la ***parcela 2*** el método que resulta económicamente más ventajoso es el 9AC/MC. En él se emplea el tractor oruga con cable (FIAT 120C) para realizar el desembosque desde la zona de apeo hasta el cargadero y el tractor gomas con contenedor para el desembosque desde el cargadero (y zona de clasificado) hasta el parque de astillado.

Tabla 105. Rendimiento (t/h) y costes de extracción aprovechamiento biomasa forestal. Parcela 3_Engarbos

PARCELA	METODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
3_Engarbos II	11AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	5,7	4	43
		Desembosque a cargadero	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	4,0	21	
		Desembosque a parque	Autocargador compresor (TIMBERJACK 1710)	5,5	8	
		Astillado en parque	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	10	

Fuente. Elaboración propia **AC:** Árbol completo

En la ***parcela 3***, el coste es inferior al obtenido en parcelas anteriores, ya que se ha reducido el número de operaciones, al no realizarse clasificado para obtención de madera de aserrío. Esta operación supone la generación de residuo y la división de las copas, con lo que se aumenta el coste de transporte a parque de astillado.

Realizando la comparativa final (**Tabla 106**), teniendo en cuenta los ingresos por los diferentes productos obtenidos, se observa que la ***parcela 2*** es la que mejores resultados económicos ofrece, debido a las condiciones de saca más favorables y el peso del pie tipo superior.

Tabla 106. Balance y costes de extracción aprovechamiento biomasa forestal. Monte Los Engarbos (fase II)

PARCELA	COSTE (€/t)		
	Biomasa	Madera	Media
1_Engarbos II	56	46	52
2_Engarbos II	48	38	44
3_Engarbos II	43	43	43

Fuente. Elaboración propia **AC:** Árbol completo

Del estudio de las operaciones, se observa que el clasificado de madera supone una partida muy importante con respecto al volumen de madera de sierra que se obtiene, que alcanza un 40% en el mejor de los casos, del total del material manipulado.

El desembosque de copas y ramas para su astillado en cargadero de tráiler también es muy costoso, por lo que es cuestionable proponer la mejora de caminos para tráiler, en lugar de plantear otras opciones.

En la figura 162 se realiza gráficamente la comparativa de precios según los métodos arriba indicados.

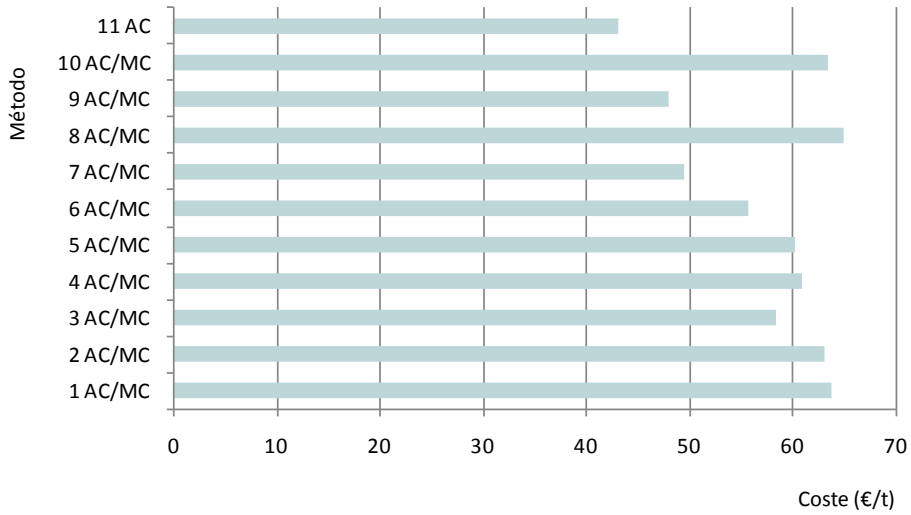


Figura 162. Coste (€/t) según método empleado

5.7. Jaén: Poyo de Santo Domingo

5.7.1. Localización: Área de actuación

El grupo de montes “Poyo de Santo Domingo, (JA-11007-JA)” está formado por dos montes: “Poyo de Santo Domingo” y “Cerro del Caballo”, que se encuentran situados en el término municipal de Quesada, partido judicial de Cazorla, provincia de Jaén. La cabida del Grupo de Montes es de 7.712,67 ha; de las cuales 6.593,66 ha pertenecen al monte “Poyo de Santo Domingo” y 1.119,01 ha al monte “Cerro del Caballo”.



Figura 163. Croquis de situación

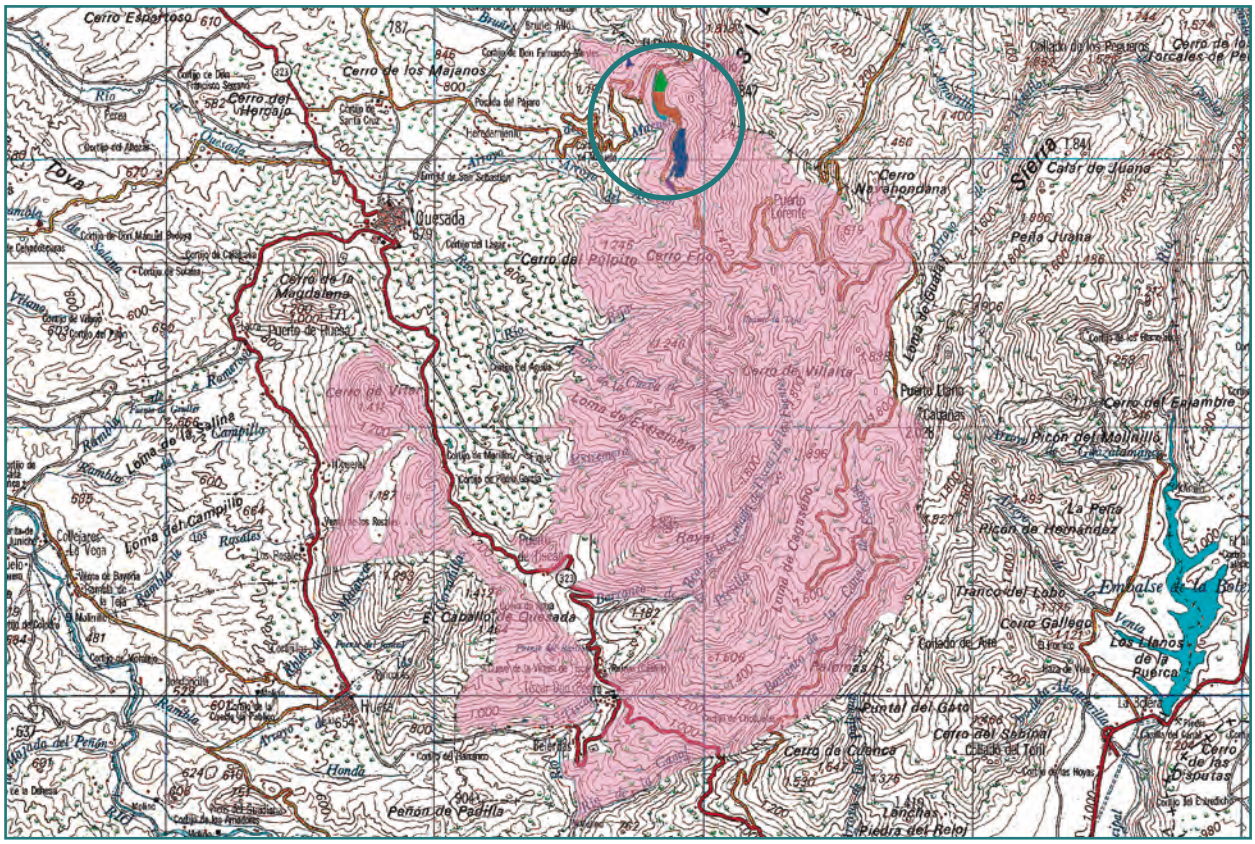


Figura 164. Monte Poyo de Santo Domingo

El monte "Poyo de Santo Domingo" presenta un relieve muy quebrado, existiendo grandes desniveles entre las zonas más altas y las más bajas. Se hallan en el monte grandes escarpes, profundas gargantas y estrechos cauces de los ríos y arroyos que se encuentran en la sierra.

La cota más baja (520 m) está situada en el extremo sur del mismo (unión del río Belerda con el río de La Canal) y la cota más alta (2.028 m) está situada en el Pico Cabañas, al este del monte, en la linde con el término municipal de Pozo Alcón.

El clima es Mediterráneo (entre Supramediterráneo inferior, Mesomediterráneo superior y Mesomediterráneo medio subhúmedo) con una precipitación media anual de 846,65 mm y una temperatura media anual de 12,9 ºC; pudiendo existir dos meses con riesgo de helada segura (enero y febrero); la vegetación no detiene su crecimiento durante todo el año, disminuyendo en los meses secos: junio, julio, agosto, y septiembre.

En cuanto a la formación vegetal dominante en el grupo de montes es el pinar. El pino mayoritario es *Pinus nigra subsp. salmannii* (pino salgareño) con una representatividad del 34,73% y el *Pinus halepensis* (pino carrasco) con una representatividad del 36,81%. Al norte de "Poyo de Santo Domingo" existen masas de *Pinus pinaster* (pino negral) con una representación del 1,48% y algunos pies aislados de *Pinus sylvestris* (pino silvestre) y *Pinus pinea* (pino piñonero). Muchas de las masas de pinar (entre ellas todas las de pino negral) proceden de repoblación artificial y están repartidas por la mayor parte de "Poyo de Santo Domingo", sobre todo al norte y al oeste es donde están las mayores extensiones de pinares de repoblación.

La otra formación arbórea importante es el encinar (*Quercus ilex*), con una representatividad del 24,72%, la cual se presenta en las zonas rocosas y en las partes bajas, normalmente mezclado con el pinar o en él sotobosque de este, aunque puede formar masa puras. La mayoría de las masas de encinar proceden de monte bajo aunque está extendiéndose en las zonas que le son favorables mediante regeneración por semilla debajo del pinar.

Además de estas especies ya mencionadas, se localizan otras que llegan a ocupar una 2,25%, entre las que destacan *Juniperus sp*., *Quercus faginea*, *Acer sp*.

Atendiendo a la clasificación de Rivas Martínez (1986), la vegetación potencial es muy diversa. La mayor parte entra dentro de la serie supramediterránea bética basófila de la encina (*Quercus rotundifolia*) *Berberidi hispanicae-Querceto rotundifoliae sigmetum*. Por otro lado, también está presente la serie supra-mesomediterránea bética basófila del quejigo (*Quercus faginea*) *Daphno latifoliae-Acereto granatensis sigmetum*. Las partes altas pertenecen a la serie oromediterránea bética basófila de la sabina rastrera (*Juniperus sabina*) *Daphno oleoidi-Pineto sylvestris sigmetum*.

Las partes bajas y próximas a los cultivos pertenecen a la serie mesomediterránea bética marianense y araceno-pacense basófila de la encina (*Quercus rotundifolia*) *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae sigmetum*.

Por último, en el límite oeste se encuentra la faciación termófila bética con *Pistacia lentiscus* de la serie anterior, y en el extremo sur la faciación bética con *Ephedra fragilis* de la serie mesomediterránea murciano-bética-manchega de *Quercus coccifera* o coscoja. *Rhamno lycioidi-Querceto cocciferae sigmetum*.

Para la ubicación de las parcelas se identificó una masa de características representativas bajo los criterios de aprovechamiento y corta conservadores y comunes a la gestión de aprovechamientos realizados en el Parque Natural Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas.

Se han establecido once parcelas demostrativas dentro de varios cantones representativos, con el mismo criterio de corta pero con distintas características de orografía y distancias de saca con el fin de poder comparar metodologías y maquinaria en áreas de similares características dasométricas.

Como se indica en la 6ª REVISIÓN Y 9º PLAN ESPECIAL DEL PROYECTO DE ORDENACIÓN DEL GRUPO DE MONTES "POYO DE SANTO DOMINGO (JA-11007-JA), en el Parque Natural Sierras de Cazorla, Segura y las Villas, el objetivo preferente es el de monte protector. Este proyecto fue aprobado en el año 2005, con un periodo de vigencia de 10 años.

El tipo de tratamiento que hasta el momento se ha realizado sobre el pinar (*Pinus nigra*, *Pinus pinaster*) ha sido claras destinadas a la obtención de densidades adecuadas, a la disminución del riesgo de incendios y a conseguir pies adultos sanos productores de semilla. Según las condiciones que presenta la masa se ha establecido que la clara sea moderada y mixta.

Al asentarse sobre terrenos en pendiente, las labores de extracción se ven dificultadas. Por ello, los trabajos se han apoyado sobre caminos con la intención de facilitar la saca mediante distintos sistemas (mulas, cableado, miniretroexcavadora con grapa, etc), ya sea de manera ascendente o descendente.

La intensidad de corta se define como un porcentaje sobre la densidad inicial, en este caso del 15-35%. Los árboles completos son extraídos mediante arrastre a pie de camino, donde se procede al traslado con la ayuda de un camión autocargador o doble carro a parque intermedio de madera o al punto de astillado, según la metodología.

La reducción de volumen de la biomasa por astillado, en el caso correspondiente, se realiza siempre en cargadero, una vez transportado hasta allí el material de la corta, con una astilladora de ciertas dimensiones. Posteriormente, antes del transporte de la astilla a fábrica, será cargada a los contenedores de camión para su posterior pesaje y medición.

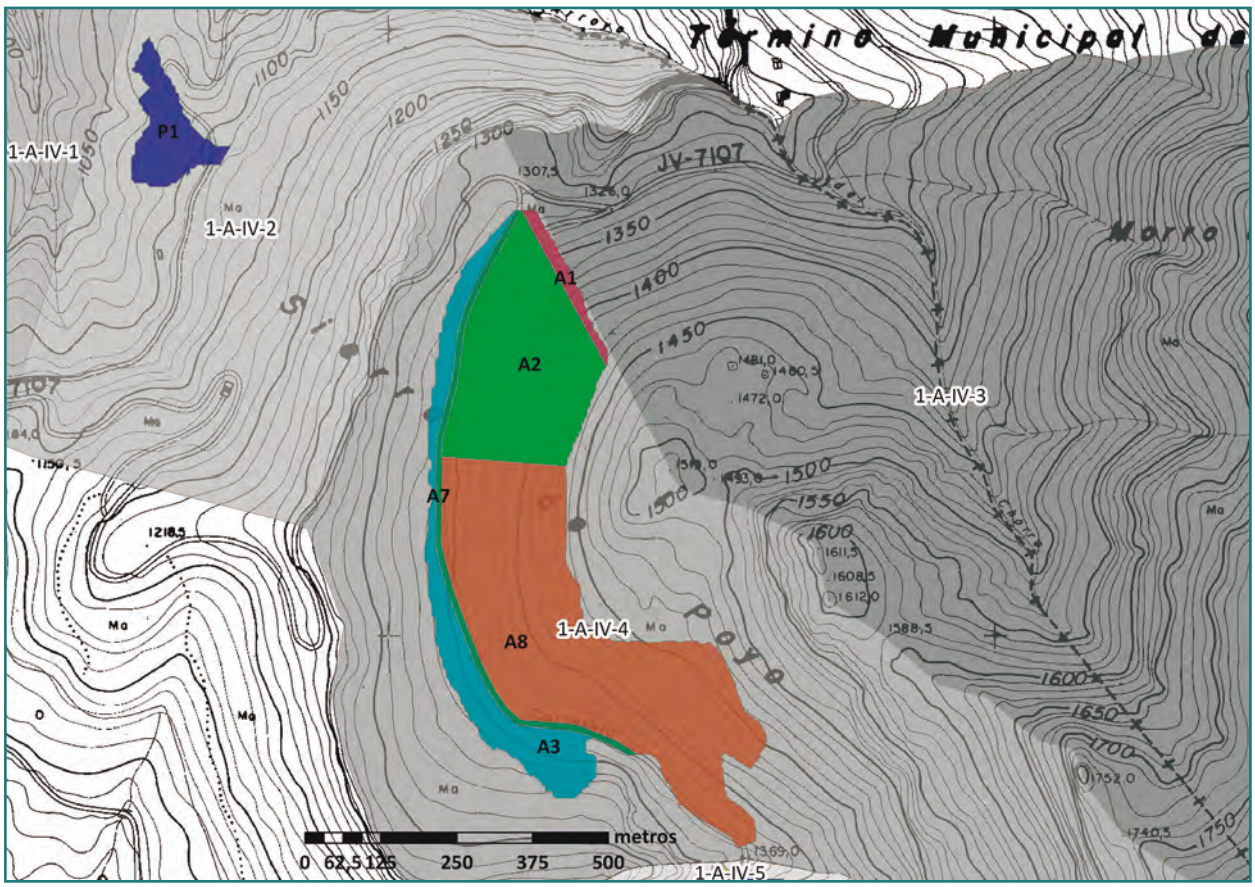
El éxito de la obtención de productos forestales, de madera y biomasa, está totalmente supeditado a la accesibilidad a los rodales objeto de tratamiento, a las distancias de saca y desembosque a los que hay que someter a los productos y a las posibilidades de acceso a maquinaria pesada o a elementos de transporte de dimensiones adecuadas. Es por ello que se han realizado una serie de actividades complementarias a la actuación previas a los trabajos, tales como el escarificado de pista y poda de pies para el acceso de los vehículos, la reconstrucción de taludes y corrección de jorros y vías de saca.

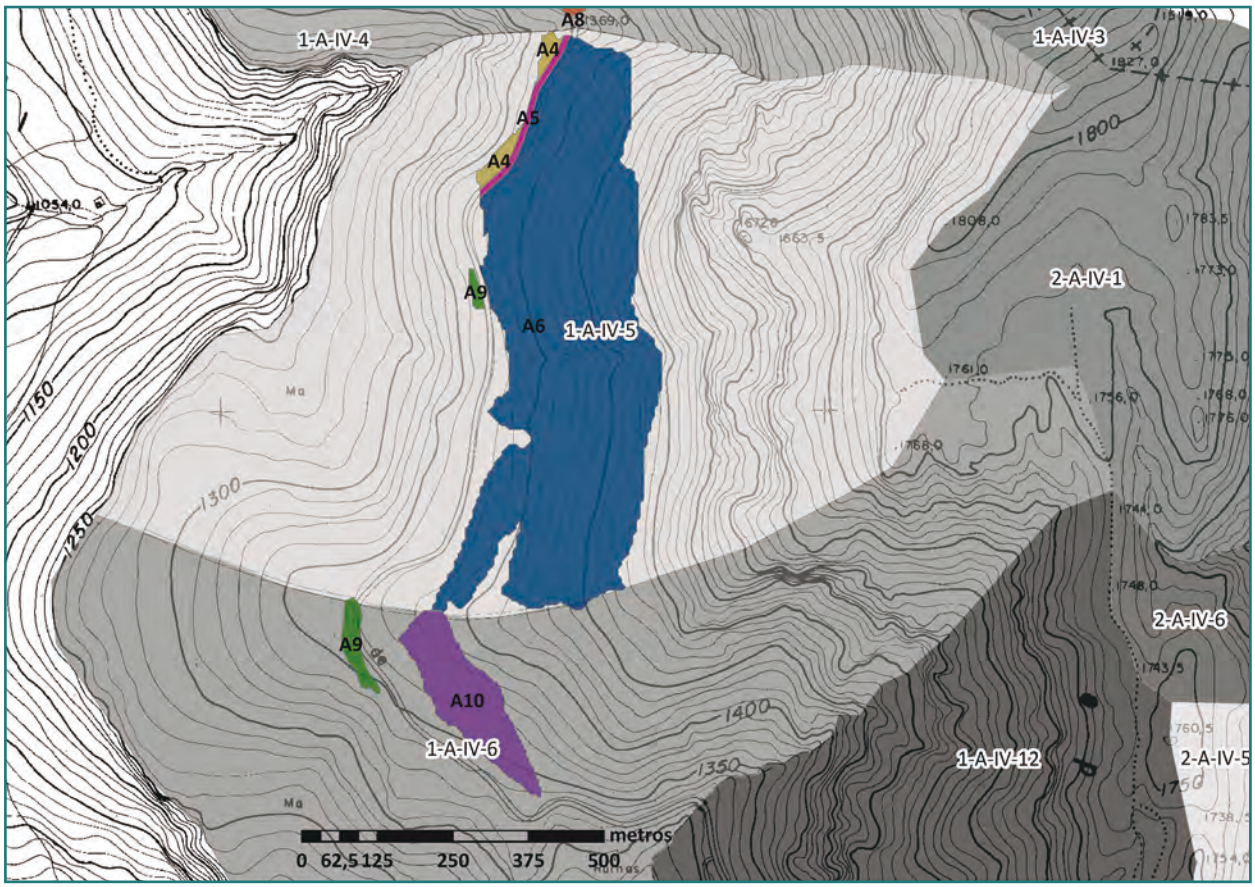
En la **Tabla 107** se realiza un resumen de las características generales de las parcelas.

Tabla 107. Caracterización de las parcelas. Monte Poyo de Santo Domingo

MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	PENDIENTE (%)	PEDREGOSIDAD (%)	ORIENTACIÓN DOMINANTE	OBSERVACIONES
Poyo de Santo Domingo	P1_Poyo	1,8	*Pinus halepensis*	10	0-10	Solana	Fajas
	A1_Poyo	0,5	*P. pinaster*	40	Nula	Solana	Cortafuegos
	A2_Poyo	6,9	*P. nigra*	40	20	Solana	-
	A3_Poyo	3,8	*P. pinaster*	20	10	Solana	Regenerado de encinas
	A4_Poyo	0,4	*P. nigra*	20	10	Solana	Regenerado de encinas
	A5_Poyo	0,3	*P. nigra*	0	Nula	Solana	Se trabaja en pista
	A6_Poyo	21,2	*P. nigra*	40	20	Solana	-
	A7_Poyo	1,1	*P. nigra y P. pinaster*	0	Nula	Solana	Se trabaja en pista
	A8_Poyo	14,1	*P. nigra*	40	40	Solana	Elevada presencia de encinas
	A9_Poyo	0,5	*P. nigra*	10	Nula	Solana	Fajas
	A10_Poyo	2,6	*P. nigra*	20	20	Solana	-

Fuente. Elaboración propia





Figuras 165 y 166. Plano de distribución de parcelas en el monte Poyo de Santo Domingo

A continuación se describen las parcelas donde se han efectuado los trabajos.

- ***Parcela P1_Poyo:*** Parcela de 1,77 ha de pino carrasco (*Pinus halepensis*) que se desarrolla junto a masas de encina pero con las que no se llega a mezclar. La pendiente media está comprendida entre el 0 y el 10%. En la parcela aparecen afloramientos rocosos, aunque no han influido sobre los trabajos. Tiene buena accesibilidad. Se ha trabajado con el sistema de fuste más copa. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 500 metros.

  La masa objeto del aprovechamiento tiene 40 años de edad con una morfología de la copa de tipo piramidal. De acuerdo con el inventario, la ***parcela P1*** cuenta con los siguientes valores dasométricos 339 pies/ha, con 151 pies/ha con diámetro inferior a 12 cm, 94 pies con diámetro entre 12 y 20 cm, y 94 pies entre 20 y 30 cm.

- ***Parcela A1_Poyo:*** Parcela de 0,52 ha de pinar con similares características a la anterior, por lo que el interés se desarrolla en experimentar otra metodología de trabajo para la obtención de biomasa. En esta parcela existe una calle de separación de cantones que se ha usado para probar la saca de los árboles completos con skidder grapa. La pendiente media es del 40%. El cargadero se encuentra a pie de pista.

  La especie objeto del aprovechamiento es el pino negral o resinero (*Pinus pinaster*) con una morfología de la copa de tipo piramidal. De acuerdo con el inventario la ***parcela A1*** cuenta con los siguientes valores dasométricos (compartidos con las ***parcelas A2*** y ***A7***) 267 pies/ha, con 16 pies/ha con diámetro inferior a 12 cm, 44 pies con diámetro entre 12 y 20 cm, 110 pies entre 20 y 30 cm y 97 pies/ha de más de 30 cm; teniendo más de 10 pies/ha de diámetros por encima de 50.

- ***Parcela A2_Poyo:*** Parcela de 6,94 ha en la que existe una repoblación donde predomina el pino salgareño (*Pinus nigra*). La masa está en estado de fustal y la densidad es elevada, si bien el criterio de corta es similar al del resto de los cantones. La pendiente media es del 40% y la pedregosidad es del 20%. Durante el desarrollo del demostrativo la presencia de barro y nieve ha sido un condicionante en la etapa primera. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 500 metros.

- ***Parcela A3_Poyo:*** Parcela situada por debajo de la pista, y con una gran espesura tal que la única forma de sacar el árbol es mediante la técnica de cableo. Tiene una superficie de 3,83 hectáreas de pino negral y existe una mezcla mayor de pinar con encinas en la parte baja. La pendiente media es del 20% y la pedregosidad es del 10%. El cargadero se encuentra a una distancia máxima de 500 metros.

  De acuerdo con el inventario, la ***parcela A3*** cuenta con los siguientes valores dasométricos: 155 pies/ha, con 5 pies/ha con diámetro inferior a 12 cm, 19 pies con diámetro entre 12 y 20 cm, 57 pies entre 20 y 30 cm y 75 pies de más de 30 cm.

- ***Parcela A4_Poyo:*** Parcela con una superficie de 0,38 ha de pinar. Es una masa regular que procede de repoblación artificial realizada hace unos 40 años, en las que la clara a realizar tiene los mismos criterios que en anteriores cantones.

  Tiene una pendiente media del 20% y un 10% de pedregosidad. Existe presencia de regenerado de encinas. El cargadero está a más de 1 kilometro. La especie objeto del aprovechamiento es el pino salgareño con una morfología de la copa de tipo piramidal.

  De acuerdo con el inventario la ***parcela A4*** cuenta con los siguientes valores dasométricos (compartidos con las ***parcelas A5, A6*** y ***A9***): 377 pies/ha, con 19 pies/ha con diámetro inferior a 12 cm, 48 pies con diámetro entre 12 y 20 cm, 215 pies entre 20 y 30 cm y 94 pies/ha de más de 30 cm.

- ***Parcela A5_Poyo:*** Parcela de 0,30 ha con similares características que la anterior. Los trabajos realizados solo afectan a los árboles que han podido ser procesados desde la pista. El cargadero está a más de 1 kilómetro.

- ***Parcela A6_Poyo:*** Parcela de 21,15 ha de pinar con una masa regular que procede de repoblaciones artificiales realizadas hace unos 40 años. Es una masa mixta homogénea de pino salgareño y carrasco. Por encima del camino JV-7093 predomina el pino salgareño. La pendiente es inferior al 40% y los diámetros son más homogéneos y en su mayoría de la clase diamétrica 22,5 cm. La pedregosidad es del 20%. El cargadero está a más de 1 kilómetro.

- ***Parcela A7_Poyo:*** Tiene las mismas características de trabajo que la ***parcela A5***, y por tanto el método es semejante. Solo afecta a los árboles que se puedan procesar desde la pista. Cuenta con una superficie de 1,10. El cargadero está a más de 1 kilómetro.

- ***Parcela A8_Poyo:*** Similar a la ***parcela A2_Poyo***, pero la repoblación es ligeramente más abierta y está más mezclada con encinar. Con una superficie de 14,07 ha representa una de las zonas de mayor pendiente planteada. La pendiente media es del 40% y presenta un porcentaje de pedregosidad del 40%. El cargadero se encuentra a pie de pista.

  De acuerdo con el inventario, la ***parcela A8*** cuenta con los siguientes valores dasométricos: 345 pies/ha, con 26 pies/ha con diámetro inferior a 12 cm, 47 pies con diámetro entre 12 y 20 cm, 200 pies entre 20 y 30 cm y 72 pies de más de 30 cm.

- ***Parcela A9_Poyo:*** Similar a la ***parcela A3*** y ***A4_Poyo***, pero la repoblación es más joven y la superficie más abierta. Con una superficie de 0,51 hectáreas presenta una pendiente inferior al 10%. Se trata de una masa artificial de menos de 40 años y plantada por fajas.

- ***Parcela A10_Poyo:*** Similar a la ***parcela A6_Poyo***. Tiene una superficie de 2,58 ha. La pendiente es inferior al 20% y la pedregosidad es del 20%. El cargadero está a unos 500 metros.

  De acuerdo con el inventario la ***parcela A10*** cuenta con los siguientes valores dasométricos: 160 pies/ha, con 19 pies/ha con diámetro inferior a 12 cm, 9 pies con diámetro entre 12 y 20 cm, 47 pies entre 20 y 30 cm y 85 pies de más de 30 cm; teniendo más de 20 pies/ha de diámetros por encima de 50.

Por último, cabe indicar que otras actividades complementarias a la actuación pero posteriores a los trabajos han sido la reconstrucción de vías de saca y caminos alterados por el paso de la maquinaria pesada y la limpieza de cargaderos de ramas pequeñas no astillables mediante desbrozadora de martillo.



5.7.2. Metodología: Procedimientos

5.7.2.1. Apeo

5.7.2.1.1. Apeo manual

La corta ha sido principalmente manual, tal como se prescribe en el método de cortas por entresaca recogido en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) y el Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) del Parque Natural Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas. Los condicionantes principales son pendiente, pedregosidad, regenerado y presencia de flora catalogada.

De manera previa al aprovechamiento, se ha realizado el señalamiento de los árboles. La corta se ha realizado con motosierra (STIHL 026 y 036). Debido a la densidad, en ocasiones, se ha utilizado un tráctel manual para desenganchar los pinos engarbados.

Se ha procedido a la corta manual en las ***parcelas A1, A2, A3, A4, A6, A8, A9*** y ***A10***. En las ***parcelas A5 y A7*** se ha desarrollado tanto apeo manual como mecanizado. Inicialmente estaba previsto el uso exclusivo de la procesadora, pero se valoró que el apeo previo evitaba el posicionamiento de la procesadora, y por tanto, el aumento de los rendimientos, por lo que se introdujo en el demostrativo este tipo de trabajo.

5.7.2.1.2. Apeo mecanizado

En la ***parcela P1*** se ha realizado la corta con Giratoria (KOMATSU) con cabezal de procesado (TECFOR PC228). Al tratarse de una zona de repoblación por fajas de escasa pendiente, se ha realizado el método de corta y procesado de f*uste + copa.* La madera (dos trozas de 2,5 m) y la copa han sido depositadas de forma separada a un lado y otro de la calle a fin de facilitar el desembosque posterior.

En las ***parcelas A5*** y ***A7*** se ha apeado el árbol con motosierra y se ha procesado, dejando de tres a cinco trozas de 2,5 m y la copa aparte.

5.7.2.2. Desembosque

En la ***parcela P1*** el desembosque de la madera a pista se ha hecho con miniretroexcavadora (TAKEUCHI TL150) de cadenas y grapa hidráulica frontal. Esta máquina presta muy buenos resultados con madera corta y zonas cercanas al cargadero. También han sido desemboscadas las copas con la misma máquina. Al permitirlo el diseño de la repoblación, se han usado las fajas como vías de saca.

La ***parcela A1*** se realiza en dos fases. En la primera, la arriería ha colocado los pinos completos de forma perpendicular a la faja cortafuegos para ser desemboscados con un skidder con grapa. En el caso del skidder con grapa (CATERPILLAR 525) no ha sido posible establecer un modelo de regresión que explique la relación entre la distancia de desembosque (m) y el rendimiento (t/h) debido a que el número de árboles cargados era similar en cada arrastre, pero el volumen no. Posiblemente por ser un monte semiirregular no hay una proporcionalidad de saca.

En la ***parcela A2*** el desembosque se realiza en tres fases. Se desembosca con arriería toda la biomasa situada a menos de 80 metros de la pista y se hacen paquetes para el tractor oruga (FIAT 120 CV), que posteriormente los transporta a pie de pista en una segunda fase. A fin de determinar los resultados de distintas metodologías y dado que se obtiene madera de cierta entidad se realiza un aprovechamiento mixto, es decir se aprovecha la primera toza de 6,10 metros para sierra y el resto del árbol y la copa para biomasa.

La tercera fase consiste en transportar a cargadero las copas con autocargador (DYNGO AD24), de caja corta (4 metros). Esta última operación de reapilado es necesaria para liberar el barro y pequeños cantos rodados que, de no hacerlo, pasarían a la astilladora. El autocargador dispone los pies en cargadero de tráiler final, de forma que la astilla no requiera de manipulación posterior al astillado.

En la ***parcela A3*** el desembosque se realiza también en tres fases. Primero un desembosque con cableado, que se realiza con tractor (FIAT DT 88-66) que se apoya con miniretroexcavadora de ruedas (BOBCAT S130). Segundo un tronzado que se hace con motosierra en la pista, y es la propia miniretroexcavadora la que apila la madera y aparta las copas, y por último el transporte a parque de astillado, mediante tráiler (MERCEDES).

La ***parcela A4*** tiene las mismas características que la parcela anterior, aunque en este caso no se usa la miniretroexcavadora.

En las ***parcelas A5 y A7*** se trabaja sobre la pista principal; se retiran las copas a cargadero con autocargador compresor (JOHN DEERE). La madera de industria se deposita en cargadero de pista para ser retirada por los camiones directamente a fábrica de aserrío. También se usa en la ***parcela A7*** un autocargador (DYNGO AD24).

En la ***parcela A6,*** en función de los diámetros, se han tronzado algunos pies en monte. El desembosque se ha realizado con arriería toda la biomasa situada a menos de 80 metros de la pista, en tanto que la reunión del resto y desembosque se ha hecho con tractor oruga (FIAT 120 CV). Se ha transportado a cargadero las copas con autocargador compresor (JOHN DEERE) y los árboles completos con tráiler (IVECO).

La ***parcela A8*** es la de segundo mayor tamaño, lo que se combinan varias máquinas según la distancia y la pendiente. El método consiste en el desembosque con arriería de toda la biomasa situada a menos de 80 metros de la pista, en tanto que la reunión del resto y desembosque se lleva a cabo con tractor oruga (FIAT 120 CV). Reunión con arriería y desembosque por jorro con el skidder grapa (CATERPILLAR 525). El transporte a cargadero C1 de las copas se ha realizado con autocargador (DYNGO AD24) y el de los árboles completos con autocargador compresor (JOHN DEERE).

En la ***parcela A9*** el desembosque es con arriería a lugar accesible por autocargador compresor (JOHN DEERE), que traslada los árboles enteros al cargadero.

En la ***parcela A10*** el desembosque se lleva a cabo con arriería para toda la biomasa situada a menos de 80 metros de la pista. Posteriormente, se reúne con arriería los paquetes en jorro para el skidder grapa (CATERPILLAR 525). El transporte de los árboles completos a parque de astillado se realiza mediante tráiler (IVECO).

5.7.2.3. Astillado

Las ***parcelas A2, A3, A4, A6, A7, A8*** y ***A10*** se han astillado con astilladora de alto rendimiento (BANDIT), sobre chasis de orugas y remolcada. La alimentación de la astilladora se ha realizado con grúa giratoria (TAKEUCHI), dotada de acople y grapa forestal pequeña.

La astilladora es remolcada por la giratoria, cuya velocidad es de 1 km/h aproximadamente. La presencia de barro limita la movilidad dentro de los cargaderos. El resultado del astillado es una astilla heterogénea, con alta presencia de acículas y ramilletes enteros, ya que la prueba se realiza sin criba (que mejoraría la astilla en tamaño y homogeneidad). La mesa de entrada y el rodillo compresor permiten procesar todo tipo de pies, incluso bifurcados, torcidos y pies gruesos, sin limitación y sin dejar restos.

Las ***parcelas P1, A5, A6*** y ***A9*** se han astillado con tractor forestal (VALTRA T161) con astilladora (PEZZOLATO). Esta astilladora cuenta con la ventaja de su movilidad en el cargadero. No admite fustes retorcidos, diámetros superiores a 28 cm o presencia de ramas gruesas, por lo que este tipo de material debe cortarse previamente con motosierra. En el caso de astillado de copas es aconsejable dejar algo de fuste para que la astilladora succione mejor.

Da como resultado una astilla muy fina y homogénea, aunque deja abundantes ramas de pequeño tamaño en el cargadero, lo que se debe tener en cuenta en relación con el riesgo de incendio o la incidencia de plagas o contaminación de la astilla. En todos los cargaderos la astilla es cargada con pala telescópica, excepto en dos de los últimos tráilers que se cargaron con retroexcavadora con pala, preparando una rampa con la misma astilla.

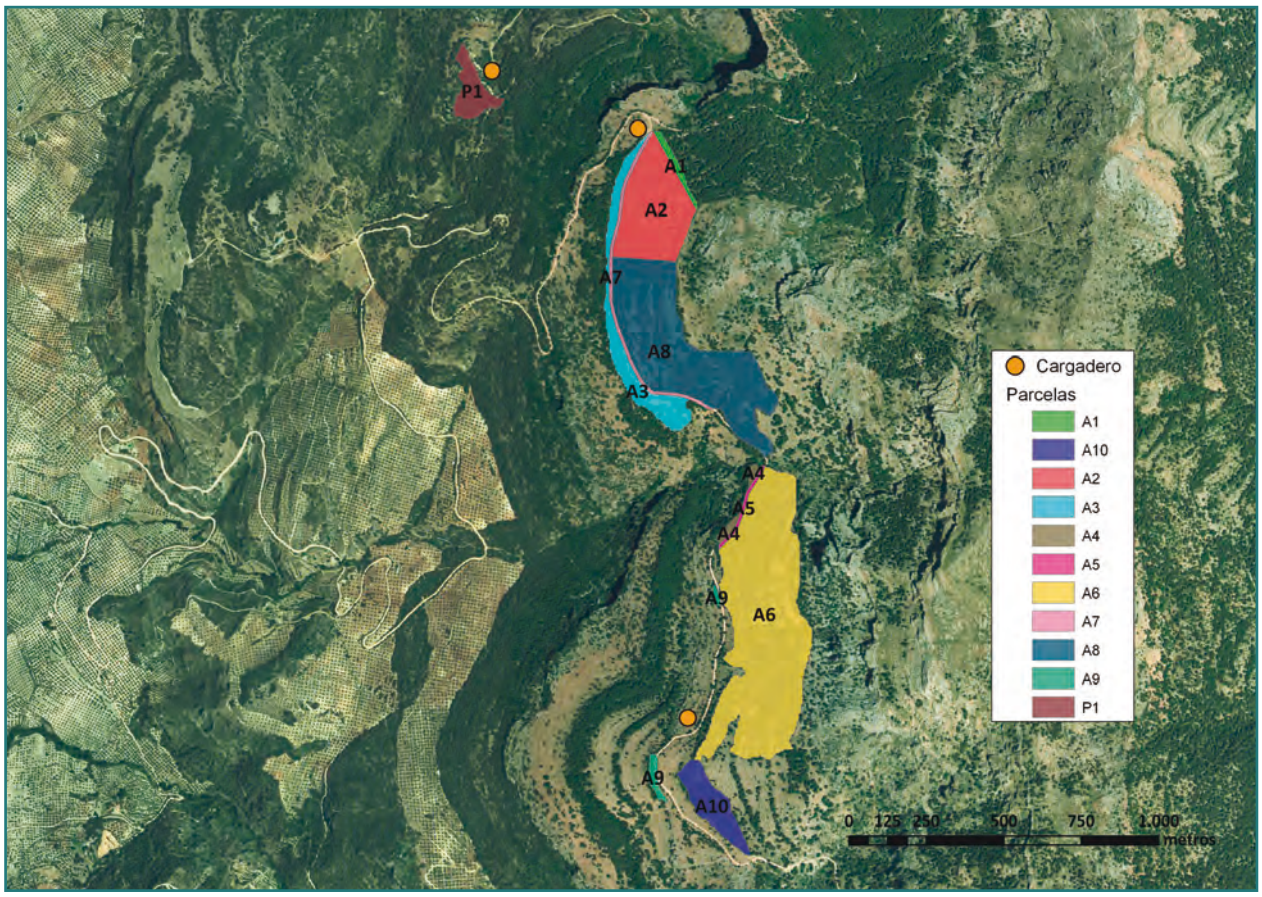


Figura 167. Plano de parcelas y cargaderos en el monte Poyo de Santo Domingo



Tabla 108. Resumen de actuaciones. Monte Poyo de Santo Domingo

PARCELA	METODOLOGÍA	CORTA	DESEMBOSQUE	ASTILLADO
P1_Poyo	FC	Apeo de los árboles señalados con procesadora. Procesado de madera y copa separados	Desembosque a pista con miniretroexcavadora de cadenas con grapa de madera a 2,5 metros y copas	Astilladora autoalimentada suspendida a tractor forestal. Eliminación de la porción residual de biomasa en monte con tractor oruga con desbrozadora de martillos
A1_Poyo	AC	Manual orientado hacia el desembosque	Reunión con arriería y desembosque por jorro con skidder grapa	Astilladora sobre chasis de cadenas y remolcada, alimentada con giratoria. Eliminación de residuos por quema
A2_Poyo	AC/FC	Manual orientado hacia el desembosque. En función de los diámetros se tronzará o no en monte	Desembosque con arriería de toda la biomasa situada a menos de 80 metros de la pista. Reunión del resto y desembosque con tractor oruga. Transporte a cargadero de las copas con autocargador	Astilladora sobre chasis de cadenas y remolcada, alimentada con giratoria Eliminación de la porción residual de biomasa en monte con tractor oruga con astilladora
A3_Poyo	AC/FC	Manual orientado hacia el desembosque. En función de los diámetros se tronzará o no en monte	Desembosque a camino con cableado mediante tractor apoyado con miniretroexcavadora de ruedas con grapa. Tronzado con motosierra en la pista. Transporte a parque de astillado mediante tráiler	Astilladora sobre chasis de cadenas y remolcada, alimentada con giratoria. Eliminación de la porción residual de biomasa en monte con tractor oruga con desbrozadora de martillos.
A4_Poyo	AC/FC	Manual orientado hacia el desembosque. En función de los diámetros se tronzará o no en monte	Desembosque a camino con cableado mediante tractor. Tronzado con motosierra en la pista. Transporte a parque de astillado mediante tráiler	Astilladora sobre chasis de cadenas y remolcada, alimentada con giratoria. Eliminación de la porción residual de biomasa en monte con tractor oruga con desbrozadora de martillos
A5_Poyo	FC	Corta manual con motosierra y procesado de los árboles con giratoria con cabezal de procesado. Procesado de madera y copa separados	Madera de industria en cargadero de pista. Transporte a cargadero C2 de las copas con autocargador compresor	Astilladora autoalimentada suspendida a tractor forestal
A6_Poyo	AC/FC	Manual orientado hacia el desembosque. En función de los diámetros se puede tronzar o no en monte	Desembosque con arriería de toda la biomasa situada a menos de 80 metros de la pista. Reunión del resto y desembosque con tractor oruga. Transporte a cargadero C2 de las copas con autocargador con compresor y de los árboles completos con tráiler	Astilladora autoalimentada suspendida a tractor forestal para los árboles de menor diámetro y astilladora sobre chasis de cadenas y remolcada, alimentada con giratoria para las copas. Eliminación de la porción residual de biomasa en monte con oruga con astilladora
A7_Poyo	FC	Corta manual con motosierra y procesado de los árboles con giratoria con cabezal de procesado. Procesado de madera y copa separados	Madera de industria en cargadero de pista. Transporte a cargadero C1 de las copas con autocargador. Transporte a cargadero C2 de las copas con autocargador compresor	Astilladora sobre chasis de cadenas y remolcada, alimentada con giratoria para las copas
A8_Poyo	AC/FC	Manual orientado hacia el desembosque. En función de los diámetros se puede tronzar o no en monte	Desembosque con arriería de toda la biomasa situada a menos de 80 metros de la pista. Reunión del resto de la madera y desembosque con tractor oruga. Reunión con arriería y desembosque por jorro de skidder grapa. Transporte a cargadero C1 de las copas con autocargador y de los árboles completos con autocargador compresor	Astilladora sobre chasis de cadenas y remolcada, alimentada con giratoria para las copas. Eliminación de la porción residual de biomasa en monte con oruga con astilladora
A9_Poyo	AC	Manual orientado hacia el desembosque	Reunión con arriería y transporte a cargadero C2 de los árboles completos con autocargador compresor	Astilladora autoalimentada suspendida a tractor forestal. Eliminación de la porción residual de biomasa en monte con oruga con astilladora.
A10_Poyo	AC	Manual orientado hacia el desembosque	Desembosque con arriería de toda la biomasa situada a menos de 80 metros de la pista. Reunión con arriería y desembosque por jorro de skidder grapa. Transporte de los árboles completos a parque de astillado mediante tráiler	Astilladora sobre chasis de cadenas y remolcada, alimentada con giratoria para las copas. Eliminación de la porción residual de biomasa en monte con oruga con astilladora

Fuente. Elaboración propia

AC: Árbol completo **FC:** Fuste + copa

5.7.3. Resultados

5.7.3.1. Actualización de los datos de inventario

En la **Tabla 109** se muestra la densidad inicial (pies/ha) y el número de pies presentes en cada parcela según los datos del inventario realizado antes del comienzo de los trabajos del demostrativo.

Tabla 109. Datos de Inventario. Monte Poyo de Santo Domingo

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)	Dn medio (cm)	PIES TOTALES
Jaén	Poyo de Santo Domingo	P1	1,8	358	20,8	634
		A1	0,5	374	27,7	195
		A2	6,9	359	27,1	2.490
		A3	3,8	195	28,9	745
		A4	0,4	377	28,1	141
		A5	0,3	402	27,3	122
		A6	21,2	433	26,7	9.162
		A7	1,1	267	30,1	293
		A8	14,1	450	25,1	6.333
		A9	0,5	377	28,1	193
		A10	2,6	160	33,5	414

Fuente. Elaboración propia

Para clarificar los valores de rendimientos de manera que todos los resultados obtenidos puedan ser comparables, estos pesos secos están referidos a un porcentaje del 30% de humedad, como se muestra en la **Tabla 110**.

Tabla 110. Peso (kg, 30% humedad) por clase diamétrica. *Pinus halepensis, P. nigra* y *P.pinaster*

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
Pinus halepensis				
1	2,5-7,5	3,1	2,6	5,7
2	7,5-12,5	14,4	11,8	26,3
3	12,5-17,5	35,6	28,9	64,4
4	17,5-22,5	67,3	54,1	121,6
5	22,5-27,5	101,9	81,5	199,0
6	27,5-32,5	149,1	148,6	297,7
7	32,5-37,5	204,5	214,0	418,6
8	37,5-42,5	267,7	294,6	562,3
9	42,5-47,5	338,1	391,3	729,4
10	47,5-52,5	415,1	505,6	920,7
11	52,5-57,5	498,2	638,3	1.136,5
12	57,5-62,5	586,6	790,9	1.377,5
Pinus nigra				
1	2,5-7,5	2,7	2,0	4,7
2	7,5-12,5	16,9	9,8	26,8
3	12,5-17,5	49,0	25,2	74,2
4	17,5-22,5	103,5	49,5	153,0
5	22,5-27,5	179,7	88,5	268,2
6	27,5-32,5	283,8	140,5	424,2
7	32,5-37,5	415,2	210,0	625,2
8	37,5-42,5	574,6	300,3	874,8
9	42,5-47,5	761,4	415,0	1.176,5
10	47,5-52,5	975,1	558,5	1.533,6
11	52,5-57,5	1.214,2	734,9	1.949,1
12	57,5-62,5	1.477,2	948,9	2.425,9

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
Pinus pinaster				
1	2,5-7,5	2,7	0,8	3,5
2	7,5-12,5	16,1	4,6	20,7
3	12,5-17,5	44,7	10,7	55,4
4	17,5-22,5	92,4	23,5	116,0
5	22,5-27,5	162,1	40,0	202,2
6	27,5-32,5	256,4	62,4	318,8
7	32,5-37,5	377,4	91,1	468,5
8	37,5-42,5	526,9	127,0	653,9
9	42,5-47,5	706,4	135,9	877,4
10	47,5-52,5	916,6	224,6	1.141,3
11	52,5-57,5	1.157,9	290,0	1.447,9
12	57,5-62,5	1.429,7	369,5	1.799,2

Fuente. Montero, G. *et al.* (2006) "Producción de biomasa y fijación de $C0_2$ por los bosques españoles". INIA

5.7.3.2. Criterio de corta y señalamiento

Para el inventario se ha utilizado el señalamiento previo y se han extrapolado los datos a las parcelas de trabajo. Con estos datos se ha determinado la intensidad de corta en función del estado inicial de la masa y su evolución previsible tras la corta. Por otro lado, y si bien el destino genérico del aprovechamiento se define como biomasa, hay que tener en cuenta que en algunos de los ensayos se han obtenido por un lado fustes para aserrío, fustes para industria y por otro biomasa en forma de astillas.

Con un criterio previamente definido, el señalamiento de los árboles permite cortar solo aquellos que es preciso extraer para mantener la funcionalidad del bosque. La selección y marcaje de los árboles a cortar se efectúa con el técnico gestor del monte o con un agente de medio ambiente, de acuerdo a los criterios selvícolas y principios de sostenibilidad recogidos en el proyecto de ordenación o de la obra existente para un área determinada, dependiendo del tipo de corta a efectuar. Algunos de los puntos a tener en cuenta en la realización de las cortas son: dejar una franja de arbolado sin cortar en las orillas y arroyos, no cortar árboles que contengan nidos de especies protegidas, no cortar aquellos que sean excepcionales o que posean alguna significación cultural o histórica y por supuesto aquellos que no tengan asegurada su sustitución.

A partir de los datos de inventario y de la información procedente del señalamiento, se ha obtenido la biomasa teórica extraída (**Tabla 111**).

Tabla 111. Datos de señalamiento. Monte Poyo de Santo Domingo

PARCELA	SUP	DENSIDAD (pies/ha)		% CORTA	PESO EXTRAÍDO[1]		
		INICIAL	FINAL		(kg fuste/pie)	(kg copa/pie)	(t/ha)
P1_Poyo	1,8	358	291	19	79.8	72,0	25,3
A1_Poyo	0,5	374	275	27	260,9	62,7	126,3
A2_Poyo	6,9	359	259	28	272,1	142,3	51,3
A3_Poyo	3,8	195	95	51	289,1	67,6	13,3
A4_Poyo	0,4	377	267	29	264,1	132,7	46,9
A5_Poyo	0,3	402	292	27	250,7	126,0	51,4
A6_Poyo	21,2	433	324	25	239,5	120,2	52,0
A7_Poyo	1,1	267	167	37	336,0	176,8	47,1
A8_Poyo	14,1	450	350	22	217,1	109,9	49,4
A9_Poyo	0,5	377	267	29	264,1	132,7	153,6
A10_Poyo	2,6	160	43	73	442,3	238,4	108,3

Fuente. Elaboración propia

[1]Peso (en kg con un 30% de humedad)

5.7.3.3. Distribución de tiempos de la maquinaria

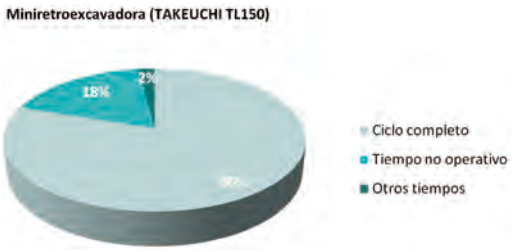
5.7.3.3.1. Parcela 1. P1_Poyo

Tabla 112. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Poyo de Santo Domingo, parcela 1

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
P1_Poyo	Miniretroexcavadora (TAKEUCHI TL150)	59	Ciclo completo	3,1	80
			Tiempo no operativo	0,7	18
			Otros tiempos	0,1	2
			Total	3,9	100
	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	150	Ciclo completo	2,6	87
			Tiempo no operativo	0,2	6
			Otros tiempos	0,2	7
			Total	3,0	100

Fuente. Elaboración propia

A continuación se exponen los gráficos de distribución de tiempos.





Figuras 168 y 169. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 1

5.7.3.3.2. Parcela 2. A1_Poyo

Tabla 113. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Poyo Santo Domingo, parcela 2

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
A1_Poyo	Arriería	86	Ciclo completo	42,4	96
			Tiempo no operativo	1,6	4
			Otros tiempos	0,0	0
			Total	44,0	100
	Skidder Grapa (CATERPILLAR 525B)	16	Ciclo completo	1,6	67
			Tiempo no operativo	0,5	20
			Otros tiempos	0,3	13
			Total	2,4	100

Fuente. Elaboración propia

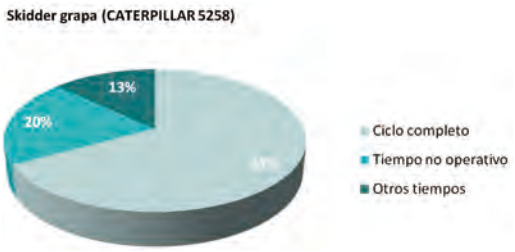


Figura 170. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 2

5.7.3.3.3. Parcela 3. A2_Poyo

Tabla 114. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Poyo Santo Domingo, parcela 3

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
A2_Poyo	Arriería	246	**Ciclo completo**	**214,9**	**91**
			Tiempo no operativo	**8,4**	**4**
			Otros tiempos	**12,7**	**5**
			Total	**236,0**	**100**
	Orugas cabrestante (FIAT 120 CV)	146	**Ciclo completo**	**54,5**	**88**
			Carga y descarga	23,5	38
			Desplazamiento con y sin carga	31,0	50
			Tiempo no operativo	**3,6**	**6**
			Otros tiempos	**3,9**	**6**
			Total	**62,0**	**100**
	Autocargador (DYNGO AD-24)	12	**Ciclo completo**	**9,5**	**98**
			Carga y descarga	6,7	69
			Desplazamiento con y sin carga	2,8	29
			Tiempo no operativo	**0,2**	**2**
			Otros tiempos	**0,0**	**0**
			Total	**9,7**	**100**
	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	275	**Ciclo completo**	**2,3**	**85**
			Tiempo no operativo	**0,4**	**15**
			Otros tiempos	**0,0**	**1**
			Total	**2,7**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 171 y 172. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 3

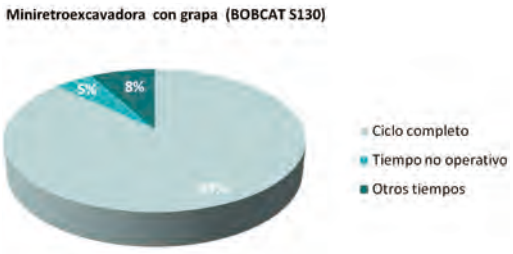


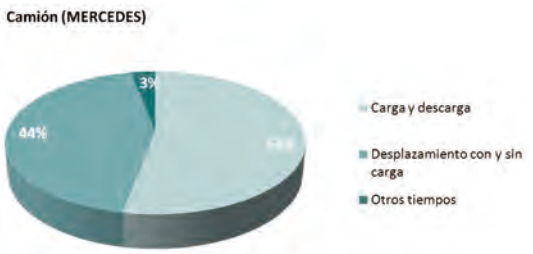
5.7.3.3.4. Parcela 4. A3_Poyo

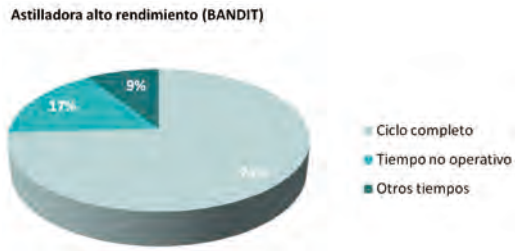
Tabla 115. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Poyo Santo Domingo, parcela 4

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
A3_Poyo	Miniretroexcavadora (BOBCAT S130)	192	**Ciclo completo**	**10,3**	**87**
			Tiempo no operativo	**0,6**	**5**
			Otros tiempos	**0,9**	**8**
			Total	**11,8**	**100**
	Tráctor de gomas con cable (FIAT DT 80-66)	311	**Ciclo completo**	**31,6**	**80**
			Tiempo no operativo	**7,1**	**18**
			Otros tiempos	**0,8**	**2**
			Total	**39,5**	**100**
	Camión (MERCEDES)	13	**Ciclo completo**	**15,1**	**97**
			Carga y descarga	8,3	53
			Desplazamiento con y sin carga	6,8	44
			Otros tiempos	**0,5**	**3**
			Total	**15,6**	**100**
	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	319	**Ciclo completo**	**2,4**	**74**
			Tiempo no operativo	**0,5**	**17**
			Otros tiempos	**0,3**	**9**
			Total	**3,2**	**100**

Fuente. Elaboración propia







Figuras 173, 174 y 175. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 4



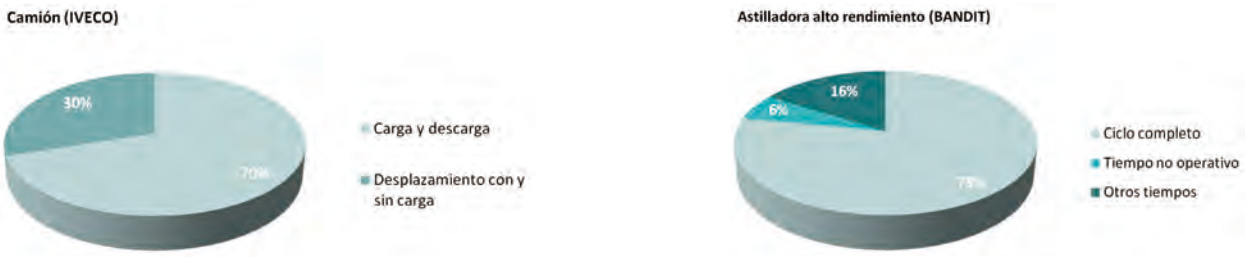


5.7.3.3.5. Parcela 5. A4_Poyo

Tabla 116. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Poyo Santo Domingo, parcela 5

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
A4_Poyo	Tráctor de gomas con cable (FIAT DT 80-66)	119	**Ciclo completo**	**18,5**	**100**
			Tiempo no operativo	**0,0**	**0**
			Otros tiempos	**0,0**	**0**
			Total	**18,5**	**100**
	Camión (IVECO)	6	**Ciclo completo**	**5,3**	**100**
			Carga y descarga	3,7	70
			Desplazamiento con y sin carga	1,6	30
			Total	**5,3**	**100**
	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	81	**Ciclo completo**	**0,6**	**78**
			Tiempo no operativo	**0,0**	**6**
			Otros tiempos	**0,1**	**16**
			Total	**0,8**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 176 y 177. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 5

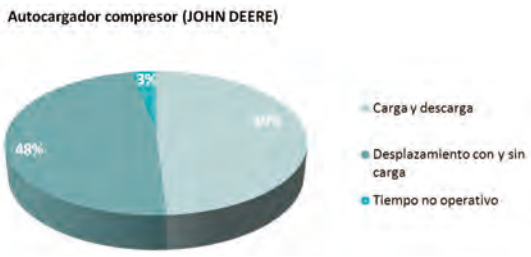
5.7.3.3.6. Parcela 6. A5_Poyo

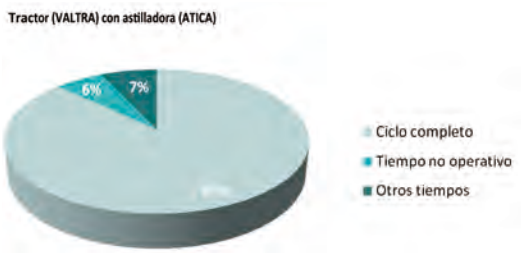
Tabla 117. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Poyo Santo Domingo, parcela 6

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
A5_Poyo	Giratoria (KOMATSU) con cabezal de procesado (TECFOR PC 228)	16	**Apeo**	**6,7**	**84**
			Tiempo no operativo	**1,3**	**16**
			Total	**8,0**	**100**
	Autocargador compresor (JOHN DEERE)	14	**Ciclo completo**	**6,7**	**97**
			Carga y descarga	3,4	49
			Desplazamiento con y sin carga	3,3	48
			Tiempo no operativo	**0,2**	**3**
			Total	**6,9**	**100**
	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	221	**Ciclo completo**	**5,9**	**87**
			Tiempo no operativo	**0,4**	**6**
			Otros tiempos	**0,5**	**7**
			Total	**6,8**	**100**

Fuente. Elaboración propia







Figuras 178, 179 y 180. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 6

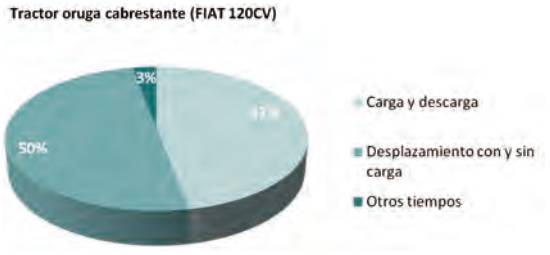


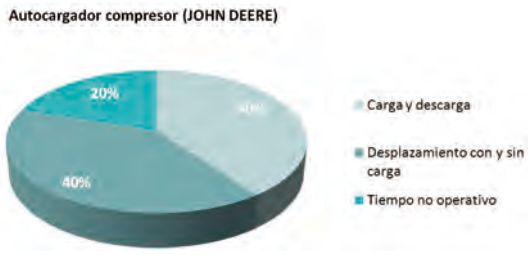
5.7.3.3.7. Parcela 7. A6_Poyo

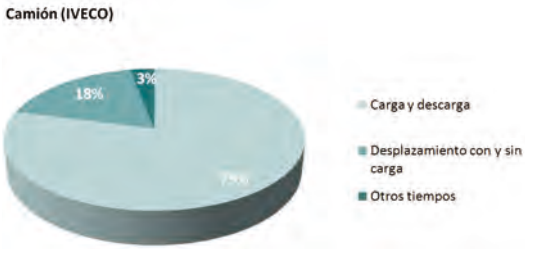
Tabla 118. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Poyo Santo Domingo, parcela 7

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
A6_Poyo	Arriería	559	**Ciclo completo**	**667,2**	**95**
			Tiempo no operativo	**36,8**	**5**
			Total	**704,0**	**100**
	Tractor oruga cabrestante (FIAT 120 CV)	108	**Ciclo completo**	**44,9**	**97**
			Carga y descarga	21,8	47
			Desplazamiento con y sin carga	23,1	50
			Otros tiempos	**1,6**	**3**
			Total	**46,5**	**100**
	Autocargador compresor (JOHN DEERE)	16	**Ciclo completo**	**1,8**	**80**
			Carga y descarga	0,9	40
			Desplazamiento con y sin carga	0,9	40
			Tiempo no operativo	**0,4**	**20**
			Total	**2,2**	**100**
	Camión (IVECO)	21	**Ciclo completo**	**14,9**	**97**
			Carga y descarga	12,1	79
			Desplazamiento con y sin carga	2,8	18
			Otros tiempos	**0,4**	**3**
			Total	**15,3**	**100**
	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	533	**Ciclo completo**	**15,3**	**87**
			Tiempo no operativo	**1,1**	**6**
			Otros tiempos	**1,2**	**7**
			Total	**17,7**	**100**
	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	618	**Ciclo completo**	**4,2**	**68**
			Tiempo no operativo	**2,0**	**32**
			Total	**6,2**	**100**

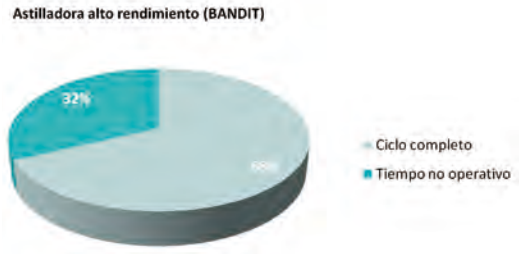
Fuente. Elaboración propia











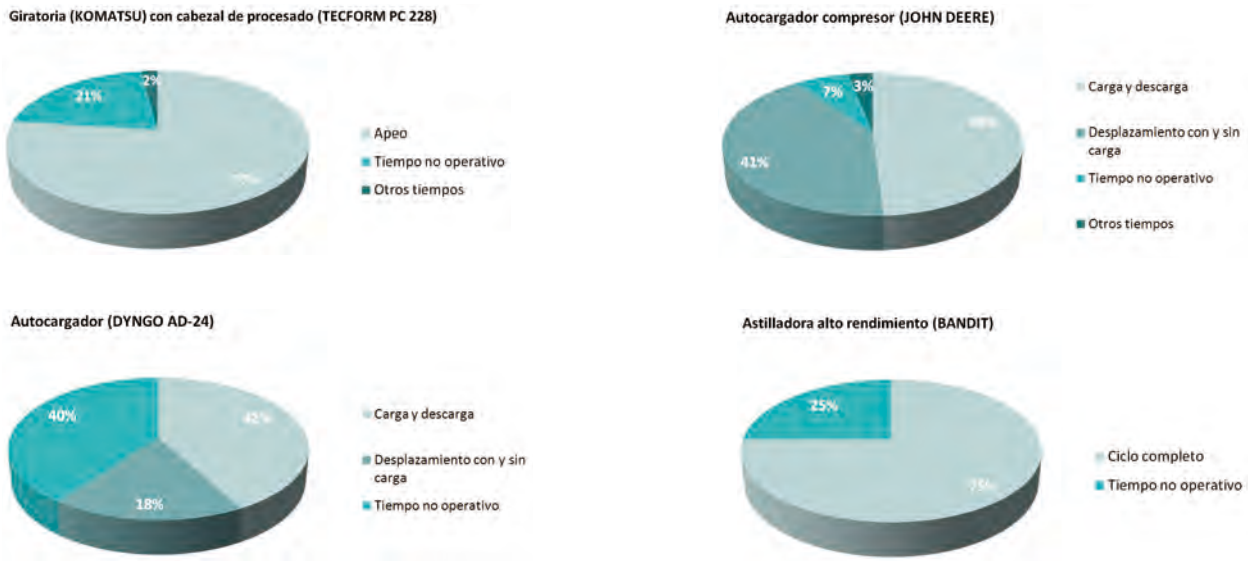
Figuras 181, 182, 183, 184 y 185. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 7

5.7.3.3.8. Parcela 8. A7_Poyo

Tabla 119. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Poyo Santo Domingo, parcela 8

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
A7_Poyo	Giratoria (KOMATSU) con cabezal de procesado (TECFORM PC 228)	14	**Apeo**	**5,4**	**77**
			Tiempo no operativo	**1,5**	**21**
			Otros tiempos	**0,1**	**2**
			Total	**7,0**	**100**
	Autocargador compresor (JOHN DEERE)	5	**Ciclo completo**	**5,4**	**90**
			Carga y descarga	2,9	49
			Desplazamiento con y sin carga	2,5	41
			Tiempo no operativo	**0,4**	**7**
			Otros tiempos	**0,2**	**3**
			Total	**6,0**	**100**
	Autocargador (DYNGO AD-24)	7	**Ciclo completo**	**2,7**	**60**
			Carga y descarga	1,9	42
			Desplazamiento con y sin carga	0,8	18
			Tiempo no operativo	**1,8**	**40**
			Total	**4,6**	**100**
	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	204	**Ciclo completo**	**1,5**	**75**
			Tiempo no operativo	**0,5**	**25**
			Total	**2,0**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 186, 187, 188 y 189. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 8

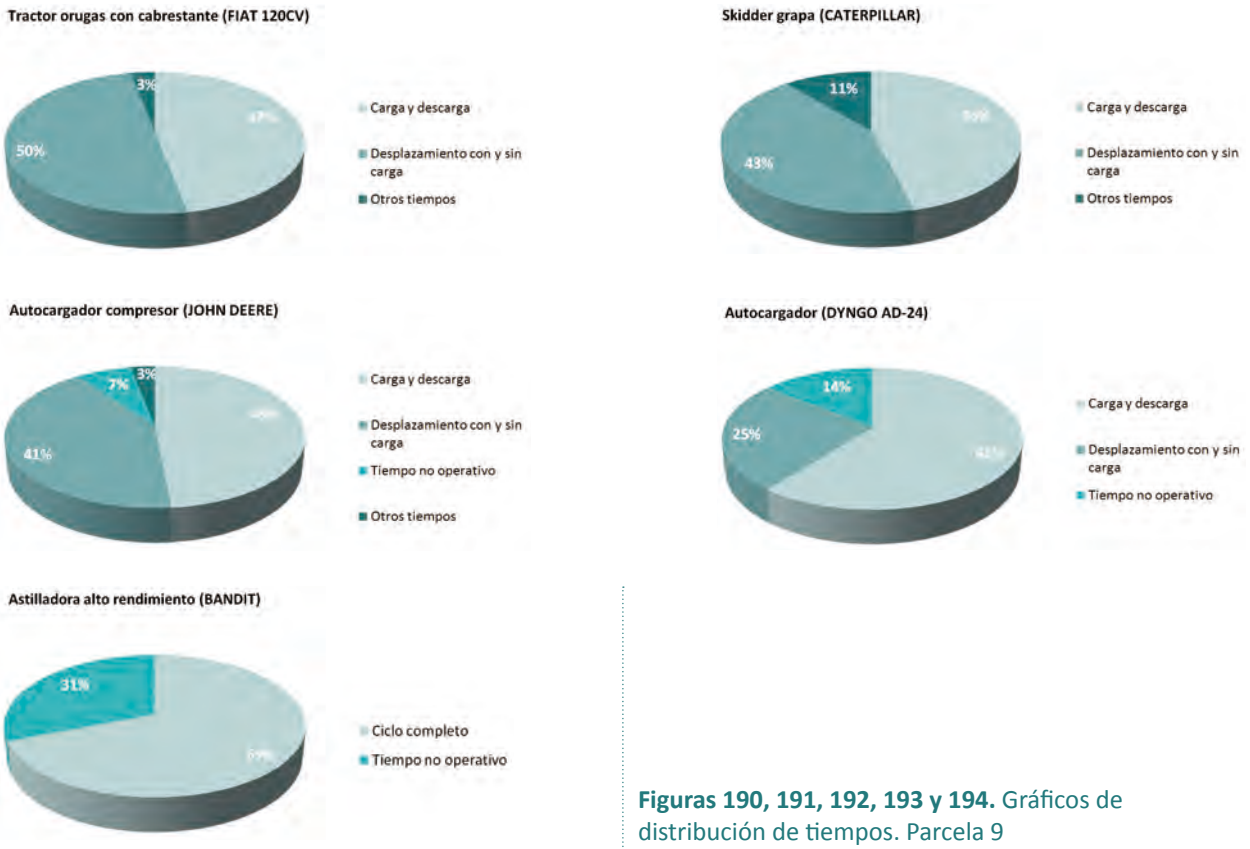


5.7.3.3.9. Parcela 9. A8_Poyo

Tabla 120. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Poyo Santo Domingo, parcela 9

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
A8_Poyo	Arriería	673	**Ciclo completo**	**402,1**	**90**
			Tiempo no operativo	**16,1**	**3**
			Otros tiempos	**29,8**	**7**
			Total	**448,0**	**100**
	Tractor oruga cabrestante (FIAT 120 CV)	160	**Ciclo completo**	**38,6**	**97**
			Carga y descarga	18,7	47
			Desplazamiento con y sin carga	19,9	50
			Otros tiempos	**1,4**	**3**
			Total	**40,0**	**100**
	Skidder Grapa (CATERPILLAR)	20	**Ciclo completo**	**4,1**	**89**
			Carga y descarga	2,1	46
			Desplazamiento con y sin carga	2,0	43
			Otros tiempos	**0,5**	**11**
			Total	**4,6**	**100**
	Autocargador compresor (JOHN DEERE)	13	**Ciclo completo**	**4,6**	**90**
			Carga y descarga	2,5	48
			Desplazamiento con y sin carga	2,1	41
			Tiempo no operativo	**0,4**	**7**
			Otros tiempos	**0,2**	**3**
			Total	**5,1**	**100**
	Autocargador (DYNGO AD-24)	8	**Ciclo completo**	**3,6**	**86**
			Carga y descarga	2,5	60
			Desplazamiento con y sin carga	1,1	25
			Tiempo no operativo	**0,6**	**14**
			Total	**4,2**	**100**
	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	621	**Ciclo completo**	**4,3**	**69**
			Tiempo no operativo	**1,9**	**31**
			Total	**6,2**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 190, 191, 192, 193 y 194. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 9

5.7.3.3.10. Parcela 10. A9_Poyo

Tabla 121. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Poyo Santo Domingo, parcela 10

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
A9_Poyo	Arriería	82	**Ciclo completo**	**24,6**	**88**
			Tiempo no operativo	**2,9**	**10**
			Otros tiempos	**0,5**	**2**
			Total	**28,0**	**100**
	Autocargador compresor (JOHN DEERE)	8	**Ciclo completo**	**2,5**	**93**
			Carga y descarga	1,3	48
			Desplazamiento con y sin carga	1,2	45
			Tiempo no operativo	**0,1**	**4**
			Otros tiempos	**0,1**	**3**
			Total	**2,7**	**100**
	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	475	**Ciclo completo**	**4,1**	**87**
			Tiempo no operativo	**0,3**	**6**
			Otros tiempos	**0,3**	**7**
			Total	**4,8**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 195 y 196. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 10



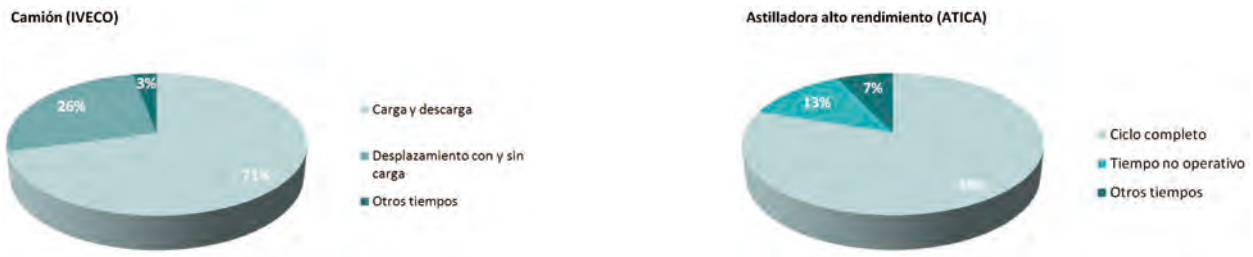


5.7.3.3.11. Parcela 11. A10_Poyo

Tabla 122. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Poyo Santo Domingo, parcela 11

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
A10_Poyo	Arriería	144	**Ciclo completo**	**40,6**	**92**
			Tiempo no operativo	**3,4**	**8**
			Total	**44,0**	**100**
	Skidder Grapa (CATERPILLAR)	35	**Ciclo completo**	**3,4**	**100**
			Total	**3,4**	**100**
	Camión (IVECO)	10	**Ciclo completo**	**5,3**	**97**
			Carga y descarga	3,9	71
			Desplazamiento con y sin carga	1,4	26
			Otros tiempos	**0,2**	**3**
			Total	**5,5**	**100**
	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	163	**Ciclo completo**	**0,7**	**80**
			Tiempo no operativo	**0,1**	**13**
			Otros tiempos	**0,1**	**7**
			Total	**0,8**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 197 y 198. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 11

5.7.3.4. Apeo

En las **Tablas 123** y **124** se presentan los resultados de los rendimientos horarios y los costes asociados a cada tipo de apeo.

Tabla 123. Datos de apeo mecanizado. Monte Poyo de Santo Domingo

PARCELA	MAQUINARIA	Dn (cm)	PESO (kg)	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)
P1_Poyo	Giratoria (KOMATSU) con cabezal de procesado (TECFOR PC228)	20,8	151,8	4,5	26
A5_Poyo	Giratoria (KOMATSU) con cabezal de procesado (TECFOR PC228)	27,3	376,7	4,1	27
A7_Poyo	Giratoria (KOMATSU) con cabezal de procesado (TECFOR PC228)	30,1	512,8	6,2	19

Fuente. Elaboración propia

Tabla 124. Datos de apeo manual. Monte Poyo de Santo Domingo

PARCELA	MAQUINARIA	Dn (cm)	PESO (kg)	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)
A1_Poyo	Motosierra (STIHL 360)	27,7	323,7	1,2	19
A2_Poyo	Motosierra (STIHL 360)	27,1	414,4	2,1	11
A3_Poyo	Motosierra (STIHL 360)	28,9	356,7	2,9	8
A4_Poyo	Motosierra (STIHL 360)	28,1	396,9	1,6	15
A5_Poyo	Motosierra (STIHL 360)	27,3	376,7	1,3	18
A6_Poyo	Motosierra (STIHL 360)	26,7	359,7	1,7	14
A7_Poyo	Motosierra (STIHL 360)	30,1	512,8	2,1	11
A8_Poyo	Motosierra (STIHL 360)	25,1	327,0	1,4	16
A9_Poyo	Motosierra (STIHL 360)	28,1	396,9	3,2	7
A10_Poyo	Motosierra (STIHL 360)	33,5	680,7	1,6	14

Fuente. Elaboración propia

5.7.3.5. Desembosque

En la **Tabla 125** se presentan los resultados de distancias medias recorridas por la maquinaria, el rendimiento medio obtenido y el coste por hectárea y tonelada, así como la pendiente media de trabajo en los trabajos de desembosque.

Tabla 125. Resultados de los datos de desembosque. Monte Poyo de Santo Domingo

PARCELA	MAQUINARIA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)
P1_Poyo	Miniretroexcavadora (TAKEUCHI TL150)	33	0-30	6,2	19
A1_Poyo	Arriería	60	0-30	1,8	12
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525)	24	30-50	12,3	7
A2_Poyo	Arriería	100	0-30	0,6	35
	Tractor oruga con cable (FIAT F120)	85	30-50	6,8	10
	Autocargador (DINGO AD 24)	354	0	2,0	49
A3_Poyo	Miniretroexcavadora (BOBCAT S130)	13	0	8,9	13
	Tractor neumático con cable (FIAT DT 80-66)	7	0	6,0	11
	Camión (MERCEDES)	735	0	2,5	26
A4_Poyo	Tractor neumático con cable (FIAT DT 80-66)	7	0	3,6	18
	Camión (IVECO)	1.380	0	1,8	36
A5_Poyo	Autocargador compresor (JOHN DEERE)	841	0	1,2	79
A6_Poyo	Arriería	50	0-30	1,6	13
	Tractor oruga con cable (FIAT F120)	85	3-50	10,3	6
	Autocargador compresor (JOHN DEERE)	841	0	9,4	10
	Camión (IVECO)	908	0	4,1	16
A7_Poyo	Autocargador compresor (JOHN DEERE)	841	0	1,4	68
	Autocargador (DINGO AD-24)	354	0	3,7	26
A8_Poyo	Arriería	70	0-30	0,8	29
	Tractor oruga con cable (FIAT F120)	85	30-50	7,2	9
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525)	24	30-50	9,8	9
	Autocargador compresor (JOHN DEERE)	841	0	11,6	8
	Autocargador (DINGO AD 24)	354	0	2,1	47
A9_Poyo	Arriería	20	0-30	3,3	7
	Autocargador compresor (JOHN DEERE)	841	0	6,6	15
A10_Poyo	Arriería	40	0-30	2,5	9
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525)	24	30-50	10,9	8
	Camión (IVECO)	908	0	2,5	26

Fuente. Elaboración propia

Por otro lado, como se indica en el apartado anterior, para cada tipo de maquinaria se ha obtenido un rendimiento medio en condiciones óptimas y bajo alguno de los factores limitantes.

Tabla 126. Rendimiento medio según condiciones. Monte Poyo de Santo Domingo

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CICLOS	SITUACIÓN	TIEMPO	RENDIMIENTO (t/h)
P1_Poyo	Miniretroexcavadora (TAKEUCHI TL150)	55	Todos	3,2	6,2
			Óptimo		
		55	No favorable	3,2	6,2
A1_Poyo	Arriería	66	Todos	13,5	1,8
		66	Óptimo	13,5	1,8
			No favorable		
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525)	12	Todos	1,9	12,3
		12	Óptimo	1,9	12,3
			No favorable		
A2_Poyo	Arriería	189	Todos	199,1	0,6
		189	Óptimo	199,1	0,6
			No favorable		
	Tractor oruga con cable (FIAT F120)	112	Todos	36,7	6,8
			Óptimo		
		112	No favorable	36,7	6,8
	Autocargador (DINGO AD 24)	10	Todos	9,5	2,0
		10	Óptimo	9,5	2,0
			No favorable		
A3_Poyo	Miniretroexcavadora (BOBCAT S130)	166	Todos	11,2	8,9
		166	Óptimo	11,2	8,9
			No favorable		
	Tractor neumático con cable (FIAT DT 80-66)	222	Todos	31,6	6,0
		222	Óptimo	31,6	6,0
			No favorable		
	Camión (MERCEDES)	13	Todos	15,6	2,5
			Óptimo		
		13	No favorable	15,6	2,5
A4_Poyo	Tractor neumático con cable (FIAT DT 80-66)	99	Todos	8,5	3,6
		99	Óptimo	8,5	3,6
			No favorable		
	Camión (IVECO)	5	Todos	5,3	1,8
		5	Óptimo	5,3	1,8
			No favorable		
A5_Poyo	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	9	Todos	6,7	1,2
		9	Óptimo	6,7	1,2
			No favorable		
A6_Poyo	Arriería	466	Todos	583,8	1,6
		466	Óptimo	583,8	1,6
			No favorable		
	Tractor oruga con cable (FIAT F120)	72	Todos	46,5	10,3
			Óptimo		
		72	No favorable	46,5	10,3
	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	13	Todos	1,7	9,4
		13	Óptimo	1,7	9,4
			No favorable		
	Camión (IVECO)	19	Todos	15,3	4,1
		19	Óptimo	15,3	4,1
			No favorable		

PARCELA	MAQUINARÍA	Nº CICLOS	SITUACIÓN	TIEMPO	RENDIMIENTO (t/h)
A7_Poyo	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	3	Todos	5,4	1,4
		3	Óptimo	5,4	1,4
			No favorable		
	Autocargador (DINGO AD-24)	4	Todos	2,7	3,7
			Óptimo		
		4	No favorable	2,7	3,7
A8_Poyo	Arriería	481	Todos	377,9	0,8
		481	Óptimo	377,9	0,8
			No favorable		
	Tractor oruga con cable (FIAT F120)	100	Todos	40,0	7,2
			Óptimo		
		100	No favorable	40,0	7,2
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525)	14	Todos	4,6	9,8
		14	Óptimo	4,6	9,8
			No favorable		
	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	10	Todos	4,6	11,6
		10	Óptimo	4,6	11,6
			No favorable		
	Autocargador (DINGO AD-24)	4	Todos	3,6	2,1
			Óptimo		
		4	No favorable	3,6	2,1
A9_Poyo	Arriería	68	Todos	12,6	3,3
			Óptimo		
		68	No favorable	12,6	3,3
	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	7	Todos	2,5	6,6
			Óptimo		
		7	No favorable	2,5	6,6
A10_Poyo	Arriería	96	Todos	17,0	2,5
			Óptimo		
		96	No favorable	17,0	2,5
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525)	32	Todos	3,4	10,9
			Óptimo		
		32	No favorable	3,4	10,9
	Camión (IVECO)	6	Todos	5,5	2,5
		6	Óptimo	5,5	2,5
			No favorable		

Fuente. Elaboración propia

A partir de los datos observados y según la metodología explicada en el anexo correspondiente al estudio estadístico se han obtenido una serie de regresiones (**Tabla 127**), donde se puede comprobar cómo la complejidad de los rodales, hace que el uso de la maquinaria no sea homogéneo y por tanto sea dificultoso obtener estos datos.

Tabla 127. Rendimiento (Est/h) en función de la distancia de desembosque (m) y la pendiente. Monte Poyo de Santo Domingo

PARCELA	MAQUINARIA	SITUACIÓN	DIST MEDIA (m)	PENDIENTE MEDIA (%)	RENDIMIENTO (t/h)			Nº CICLOS	ECUACIÓN	R^2
					MED	MIN	MAX			
P1_Poyo	Miniretroexcavadora (TAKEUCHI TL150)	No favorable	33	0-30	6,2	2,6	13,1	55		
A1_Poyo	Arriería	No favorable	60	0-30	1,8	1,5	2,7	66	$y = 111{,}91x^{-0{,}553}$	$R^2 = 0{,}9147$
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525)	Óptimo	24	30-50	12,3	11,7	16,6	12		
A2_Poyo	Arriería	No favorable	100	0-30	0,6	0,5	0,8	189	$y = 58{,}203x^{-0{,}47}$	$R^2 = 0{,}3843$
	Tractor oruga con cable (FIAT F120)	Óptimo	85	30-50	6,8	4,3	8,3	112		
	Autocargador (DINGO AD 24)	Óptimo	354	0	2,0	1,6	2,9	10		
A3_Poyo	Miniretroexcavadora (BOBCAT S130)	Óptimo	13	0	8,9	3,7	18,7	166		
	Tractor neumático con cable (FIAT DT 80-66)	Óptimo	7	0	6,0	4,2	7,6	222		
	Camión (MERCEDES)	Óptimo	735	0	2,5	2,0	2,9	13	$y = 210{,}34x^{-0{,}173}$	$R^2 = 0{,}9164$
A4_Poyo	Tractor neumático con cable (FIAT DT 80-66)	Óptimo	7	0	3,6	2,8	4,4	99		
	Camión (IVECO)	Óptimo	1.380	0	1,8	1,6	3,1	5		
A5_Poyo	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	Óptimo	841	0	1,2	1,0	1,6	9		
A6_Poyo	Arriería	No favorable	50	0-30	1,6	1,4	2,5	466		
	Tractor oruga con cable (FIAT F120)	Óptimo	85	0-30	10,3	7,5	12,2	72		
	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	Óptimo	841	0	9,4	7,8	12,2	19		
	Camión (IVECO)	Óptimo	908	0	4,1	3,4	4,9	13		
A7_Poyo	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	Óptimo	841	0	1,4	1,2	2,0	4		
	Autocargador (DINGO AD 24)	No favorable	354	0	3,7	2,9	5,5	3		
A8_Poyo	Arriería	No favorable	70	0-30	0,8	0,7	1,2	481		
	Tractor oruga con cable (FIAT F120)	No favorable	85	0-30	7,2	5,9	11,5	100		
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525)	Óptimo	24	0	9,8	8,0	14,2	14		
	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	No favorable	841	0	11,6	9,5	15,9	4		
	Autocargador (DINGO AD 24)	Óptimo	354	0	2,1	1,5	3,1	10		
A9_Poyo	Arriería	No favorable	20	0-30	3,3	2,8	3,8	68		
	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	No favorable	841	0-30	6,6	5,6	9,3	7		
A10_Poyo	Arriería	No favorable	40	0-30	2,5	2,1	2,8	96		
	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525)	Óptimo	24	0-30	10,9	7,8	14,7	32		
	Camión (IVECO)	Óptimo	908	0	2,5	2,1	3,0	6		

Fuente. Elaboración propia

5.7.3.6. Astillado

En la **Tabla 128** se presentan los resultados obtenidos para el astillado: el rendimiento medio y coste por hectárea y tonelada.

Tabla 128. Rendimiento (pies/h) en las operaciones de astillado. Monte Poyo de Santo Domingo

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)
P1_Poyo	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	2,3	26
A2_Poyo	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	9,6	11
A3_Poyo	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	13,2	8
A4_Poyo	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	20,2	5
A5_Poyo	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	1,3	46
A6_Poyo	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	1,0	60
A6_Poyo	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	14,8	7
A7_Poyo	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	11,0	9
A8_Poyo	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	14,2	7
A9_Poyo	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	3,7	16
A10_Poyo	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	21,1	5

Fuente. Elaboración propia



5.7.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos

En la **Tabla 129** se presenta un resumen de todos los datos obtenidos con anterioridad, de tal manera, que se puedan obtener resultados sintetizados para cada uno de los procedimientos.

Tabla 129. Rendimiento (t/h) y costes de extracción aprovechamiento biomasa forestal. Monte Poyo de Santo Domingo

PARCELA	MÉTODO	OPERACIÓN	MÁQUINA	RDTO (t/h)	COSTE (€/t)	
P1_Poyo	F+C	Apeo	Giratoria (KOMATSU) con cabezal de procesado (TECFORM PC228)	4,5	26	57
		Desembosque	Miniretroexcavadora (TAKEUCHI TL150)	6,2	19	
		Astillado	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	2,3	26	
A1_Poyo	AC	Apeo	Motosierra (STIHL 360)	1,2	19	38
		Reunión	Arriería	1,8	12	
		Desembosque	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525)	12,3	7	
A2_Poyo	AC Y F+C	Apeo	Motosierra (STIHL 360)	2,1	11	42
		Reunión	Arriería	0,6	35	
		Desembosque	Tractor oruga con cable (FIAT F120)	6,8	10	
		Desembosque a cargadero	Autocargador (DINGO AD 24)	2,0	49	
		Astillado	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	9,1	11	
A3_Poyo	AC Y F+C	Apeo	Motosierra (STIHL 360)	2,9	8	32
		Reunión	Miniretroexcavadora (BOBCAT S130)	8,9	13	
		Desembosque	Tractor neumático con cable (FIAT DT 80-66)	6,0	11	
		Desembosque a cargadero	Camión (MERCEDES)	2,5	26	
		Astillado	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	13,2	8	
A4_Poyo	AC Y F+C	Apeo	Motosierra (STIHL 360)	1,6	15	45
		Desembosque	Tractor neumático con cable (FIAT DT 80-66)	3,6	18	
		Desembosque a cargadero	Camión (IVECO)	1,8	36	
		Astillado	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	20,2	5	
A5_Poyo	F+C	Apeo	Motosierra (STIHL 360)	1,3	18	86
		Apeo	Giratoria (KOMATSU) con cabezal de procesado (TECFORM PC228)	4,4	27	
		Desembosque a cargadero	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	1,2	79	
		Astillado	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	1,3	46	
A6_Poyo	AC Y F+C	Apeo	Motosierra (STIHL 360)	1,7	14	33
		Reunión	Arriería	1,6	13	
		Desembosque	Tractor oruga con cable (FIAT F120)	10,3	6	
		Desembosque	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	9,4	10	
		Desembosque a cargadero	Camión (IVECO)	4,1	16	
		Astillado	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	1,0	60	
		Astillado	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	14,8	7	
A7_Poyo	F+C	Apeo	Motosierra (STIHL 360)	2,1	11	43
		Apeo	Giratoria (KOMATSU) con cabezal de procesado (TECFORM PC228)	6,2	19	
		Desembosque a cargadero	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	1,4	68	
		Desembosque a cargadero	Autocargador (DINGO AD 24)	3,7	26	
		Astillado	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	11,0	9	
A8_Poyo	AC Y F+C	Apeo	Motosierra (STIHL 360)	1,4	16	41
		Reunión	Arriería	0,8	29	
		Desembosque	Tractor oruga con cable (FIAT F120)	7,2	9	
		Desembosque	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525)	9,8	9	
		Desembosque a cargadero	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	11,6	8	
		Desembosque a cargadero	Autocargador (DINGO AD 24)	2,1	47	
		Astillado	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	14,2	7	

PARCELA	MÉTODO	OPERACIÓN	MÁQUINA	RDTO (t/h)	COSTE (€/t)	
A9_Poyo	AC	Apeo	Motosierra (STIHL 360)	3,2	7	26
		Reunión	Arriería	3,3	7	
		Desembosque a cargadero	Autocargador compressor (JOHN DEERE)	6,6	15	
		Astillado	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	3,7	16	
A10_Poy	AC	Apeo	Motosierra (STIHL 360)	1,6	14	27
		Reunión	Arriería	2,5	9	
		Desembosque a cargadero	Skidder con grapa (CATERPILLAR 525)	10,9	8	
		Desembosque a cargadero	Camión (IVECO)	2,5	26	
		Astillado	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	21,1	5	

Fuente. Elaboración propia **AC:** Árbol completo **FC:** Fuste + copa

En las ***parcelas P1*** y ***A9*** se ha cortado en un rodal de repoblación por fajas. En la parcela P1 se ha optado por un cabezal de procesado para comprobar la calidad del trabajo y el rendimiento de este tipo de maquinaria en cortas por entresaca. El precio ha sido elevado, por lo que se aconseja solo para cortas a hecho y corta por entresaca de grandes árboles, para rentabilizar el coste.

El coste de la miniretroexcavadora ha sido aceptable; resulta una máquina muy rápida y la grapa le permite coger la madera y las copas. Se podrían haber conseguido mejores resultados si se hubieran juntado varias copas.

En cuanto a la astilladora suspendida sobre tractor (VALTRA) el coste ha sido algo elevado para astillado de copas, aunque éste ha sido el más económico de los probados, debido a que la miniretroexcavadora con grapa ordena mejor el residuo en cargadero y, por tanto, optimiza el astillado posterior. Es preferible astillar con máquinas más pesadas, que posean tolva de entrada más grande para evitar atascos. Este tipo de tractores con astilladora presenta gran versatilidad de trabajo dentro de monte y en pequeños cargaderos, ya que se mueven de forma autónoma. No obstante, su trabajo se ve dificultado por la presencia de ramas enmarañadas, principalmente aquellas que no poseen algo de fuste, que facilite la succión por parte de la astilladora.

El método de la ***parcela A1*** ha sido muy favorable. Las operaciones de reunión con arriería y desembosque con skidder grapa para árboles enteros han sido sencillas debido a que el rodal se apoyaba en una vía de saca, por lo que la distancia de desembosque ha sido reducida. Por su parte, la grapa del skidder ha cogido hasta 7 árboles enteros sin dificultad, lo que ha disminuido el coste de la extracción de la biomasa.

En las ***parcelas A2, A6*** y ***A8*** el rendimiento ha sido bajo en general, porque ha coincidido en época de lluvia y nieve, lo que dificulta el trabajo e incrementa el coste de extracción. Son rodales sin vías de saca permanentes y con muchas encinas en su parte alta, además de tener desembosques de más de 200 metros. Por lo tanto, es preferible sacar solo el fuste de la parte alta y el árbol entero, de los pies de menos de 25 cm, o fuste más copa para distancias inferiores a 50-80 metros. El desembosque de copas a grandes distancias disminuye notablemente el rendimiento, tanto con tractor oruga como con autocargador.

En el caso de la ***parcela A8*** el desembosque del autocargador compresor ha sido más rentable por llevar árbol entero. En cambio, el autocargador corto, al transportar copas, ha arrojado un rendimiento por toneladas más bajo. Se comprueba que transportar solo copas desde los rodales a un cargadero principal es costoso en comparación con transportar el árbol entero.

En las ***parcelas A3*** y ***A4*** el desembosque con cable ha sido rentable para los métodos de árbol completo y fuste más copa. El apoyo de miniretroexcavadora en la primera parcela no se ha apreciado en costes, aunque ha sido un trabajo más rápido que cuando no se ha usado esta máquina, posiblemente al coincidir con la época de invierno, los trabajos de esta metodología se han visto dificultados.

El desembosque con camión ha permitido ordenar mejor el residuo en cargadero. En cuanto a su rendimiento disminuye notablemente si las copas están dispersas, ya que el conductor debe bajar y subir a la grúa tantas veces como acumulaciones de copas haya. Hubiera sido preferible aproximar las copas o desemboscar con autocargador. El orden de las copas en cargadero ha disminuido el manejo y ha aumentado el rendimiento.

En las ***parcelas A5*** y ***A7*** se ha probado apeo con motoserrista delante de la procesadora, lo que ha disminuido el coste de corta y procesado de giratoria con cabezal de procesado. La madera se ha quedado bien colocada y la copa se ha apurado demasiado. Hay un elevado tiempo de desplazamientos sin carga ya que la faja auxiliar al camino poseía poca madera.

El coste del desembosque ha sido muy elevado por la cantidad de ramas que genera el desramado de la procesadora; se han obtenido demasiados montones dispersos a lo largo de la pista y una elevada distancia existente desde este rodal hasta el cargadero. Los autocargadores han tenido muchas paradas para recoger los montones dispersos; posiblemente el uso de una máquina con grapa de bajo coste, como la miniretroexcavadora, hubiera aumentado el rendimiento de los autocargadores.

El autocargador (DYNGO), de 4 metros de caja, es más rápido y manejable, y se calienta menos en distancias largas. El autocargador compresor (JOHN DEERE) transporta mayor cantidad de biomasa, aunque su precio es más elevado y se calienta más el sistema hidráulico en distancias largas y en fechas próximas al verano.

Además, el astillado también se ha visto encarecido por estar las copas demasiado fraccionadas en ramas, lo que aumenta el tiempo dedicada al enganche de las mismas, disminuyendo el rendimiento.

En la ***parcela A9*** el desembosque de árbol entero por la arriería ha sido muy rentable, ya que las distancias eran inferiores a 20 metros. Los pinos de laricio de clase diamétrica 20 y con ramas flexibles han permitido que los mulos saquen hasta dos pies a la vez.

El precio del desembosque con autocargador ha sido algo más elevado de lo que se esperaba, posiblemente por las distancias recorridas (**Tabla 127**).

En este tipo de sistema, el rendimiento de astilladora autoalimentada ha sido el más favorable, aunque menor que el de astilladoras de alto rendimiento, que aunque más caras, son muy interesantes para grandes cantidades en un mismo cargadero, donde el coste del porte con góndola se puede diluir.

En la ***parcela A10*** el coste de la arriería ha sido elevado por necesitar el skidder grapa como apoyo a la reunión debido a las grandes distancias de desembosque. Esto ha permitido un precio muy bajo del skidder con rendimientos de desembosque de árboles enteros muy elevados y precios por tonelada bajos. En cuanto al astillado como en casos anteriores, se obtienen mejores resultados cuando se astilla el árbol entero.

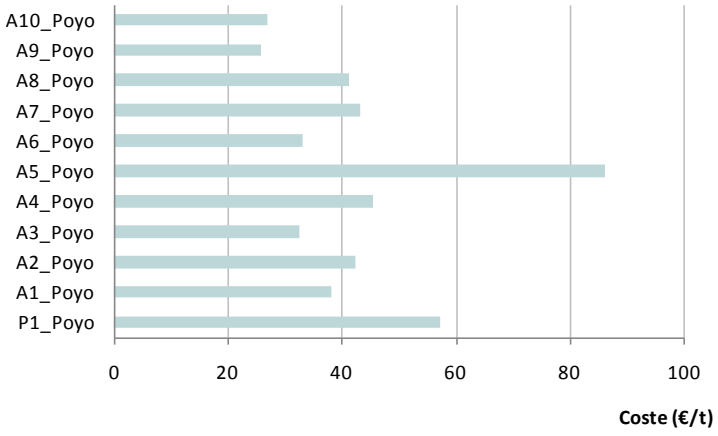


Figura 199. Coste (€/t) según método empleado

En lo que respecta al astillado, indicar que existen dos formas para cargar la astilla producida en parque:

- Descargar la astilla directamente sobre cualquier tipo de caja de camión, remolque o multilift, con lo cual se aprovecha toda la astilla y nunca se contamina. El problema es que se debe disponer de una gran flota de cajas para que la astilladora nunca pare.

- Descargar la astilla en el suelo, con lo que la astilladora nunca depende de ninguna otra máquina y trabaja todas sus horas. El problema es la contaminación de los 20 cm de astillas próximos al suelo, que normalmente se deja. Además, se debe contar con una pala cargadora para llenar las cajas de los tráiler o pisos móviles.

Otro trabajo complementario realizado en los cargaderos ha sido el pase de un tractor con desbrozadora de martillos para eliminar todas las ramas sobrantes y distribuir la astilla.



5.8. Málaga: La Espartosa

5.8.1. Localización: Área de actuación

El Monte "La Espartosa" (MA-11039-JA), con una superficie de 210,54 ha, se localiza en la Sierra de El Burgo, en la provincia de Málaga, concretamente en el Término Municipal de Ronda. Se encuentra situado en las Serranías Béticas, y más concretamente en la Subbética sobre margocalizas (sobre todo terciarios), aluviones, así como calizas y dolomías de relieve accidentado, con pendientes escarpadas.



Figura 200. Croquis de situación

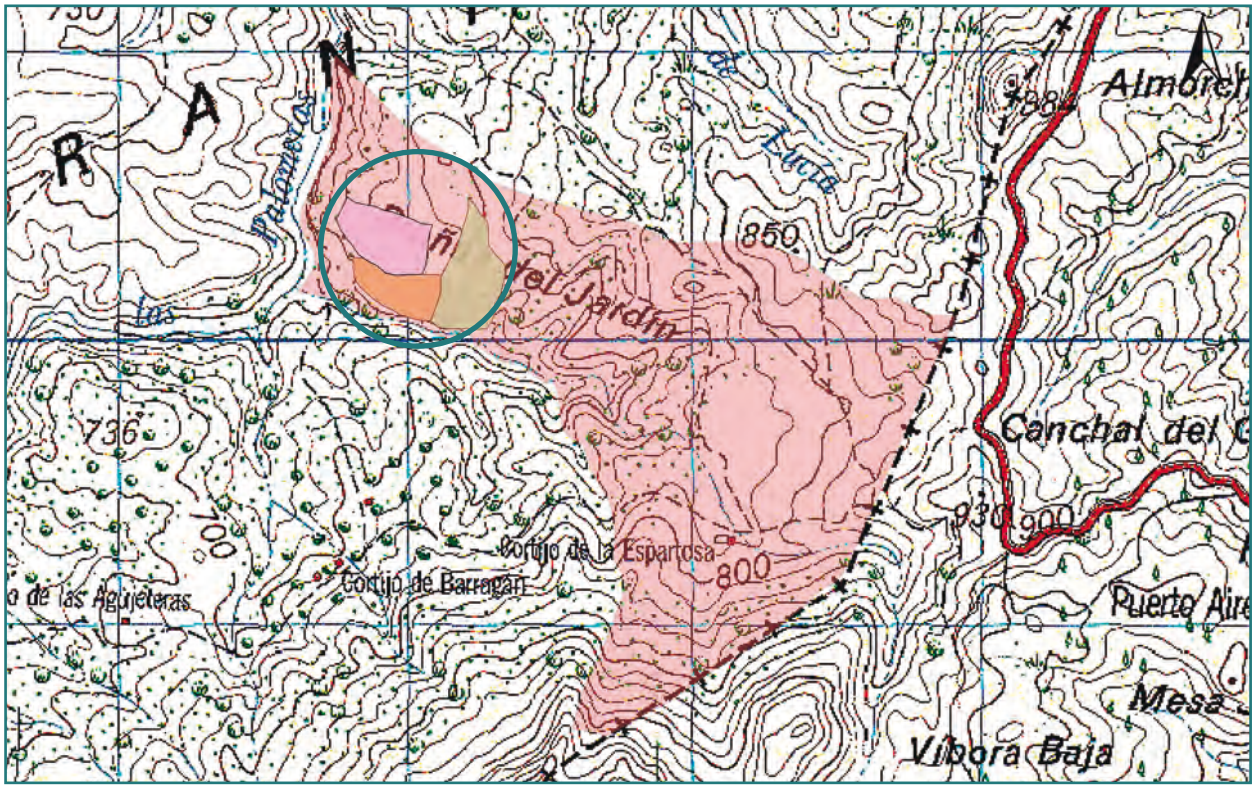


Figura 201. Monte "La Espartosa"

El grupo de montes se caracteriza por presentar un relieve accidentado, con pendientes elevadas y variables, cauces profundos y numerosos barrancos y diferentes exposiciones. La altitud máxima presente en el monte es de 1.427 m, mientras que la mínima es de 450 m. Según el modelo digital de elevaciones, la pendiente media del monte es del 36%, lo que reduce un la mecanización de los trabajos a realizar.

El clima es Mediterráneo (piso mesomediterráneo y supramediterráneo) con una precipitación media anual de 994 mm (ombroclima subhúmedo) y una temperatura media anual de 13 ºC; existe un único mes con riesgo de helada segura (enero). Con carácter general, la vegetación no detiene su crecimiento durante todo el año, disminuyendo en los meses secos: junio, julio, agosto, y septiembre.

Presenta una vegetación actual determinada en gran parte por los trabajos de repoblación llevados a cabo durante la segunda mitad del siglo XX. La especie que mayoritariamente se empleó con notable éxito fue el pino carrasco (*Pinus halepensis*). La elección de esta especie como restauradora del ecosistema estaba justificada en virtud de estudios encaminados a determinar las etapas de regeneración de ecosistemas degradados.

Atendiendo a la clasificación de las series de vegetación de Rivas Martínez *et al*. (1986), la serie climatófila característica es basófila, perteneciente al piso mesomediterráneo de la encina *(Quercus rotundifolia: Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae S.* Faciación típica).

En la actualidad, en este monte se encuentra vigente el Primer Plan Especial del PROYECTO DE ORDENACIÓN DEL GRUPO DE MONTES "EL BURGO" EN LA PROVINCIA DE MÁLAGA, aprobado en 2003 con un periodo de vigencia de 10 años. El Proyecto de Ordenación tiene como finalidad la consecución y mejora de las capacidades del monte para cumplir las funciones fundamentales que éste debe tener y que se citan a continuación: protección, producción y social.

En cuanto a las actuaciones más relevantes especificadas en el vigente Plan Especial destacan las claras y podas en el pinar, las cortas de liberación para favorecer el subpiso de frondosas, y las podas de conformación de estas mismas frondosas. En aquellas zonas en las cuales la presencia de herbívoros es abundante, se realizarán acotamientos a la fauna con el objetivo de favorecer la regeneración existente.

Los cantones seleccionados dentro de este monte para la elección de las parcelas de muestreo (1-F-I-1 y 1-F-I-2) se corresponden con una masa mixta de *Pinus halepensis* y de *Quercus ilex*. La regeneración, tanto de pino como de encina, es escasa. El pinar forma una masa coetánea y uniformemente distribuida en terrazas. Entremezclados aparecen algunos pies de encina de buen porte.

En la **Tabla 130** se realiza un resumen de las características generales de las mismas.

Tabla 130. Caracterización de las parcelas. Monte La Espartosa

MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	PENDIENTE (%)	PEDREGOSIDAD (%)
La Espartosa	01_ El Burgo	3,88	*Pinus halepensis*	0-50	Escasa
	02_ El Burgo	6,74	*P. halepensis*	0-50	Escasa
	03_ El Burgo	5,67	*P. halepensis*	<30	Nula

Fuente. Elaboración propia

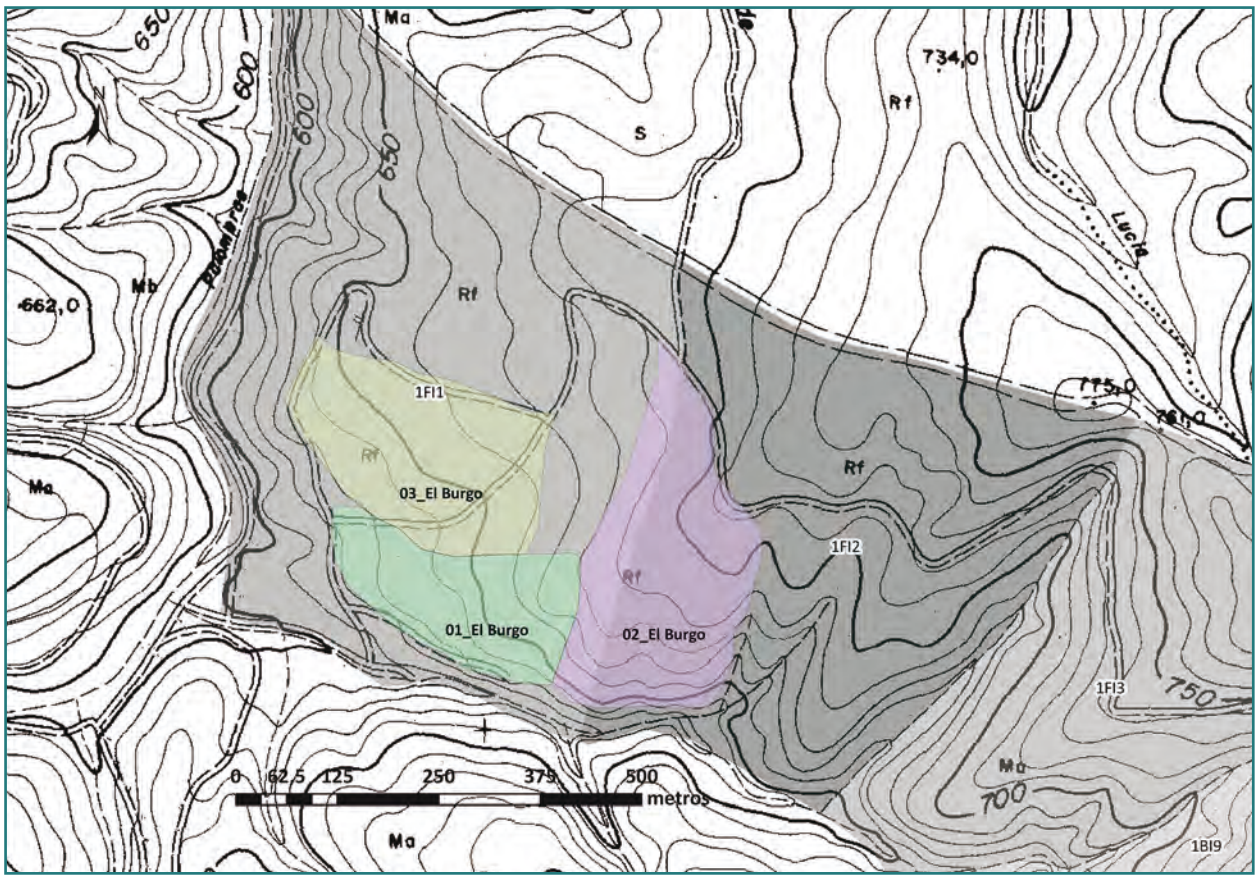


Figura 202. Plano de parcelas. Monte La Espartosa

A continuación se describen las parcelas donde se han efectuado los trabajos.

- ***Parcela 01_El Burgo:*** Parcela con una superficie de 3,88 ha en la que la especie principal es el pino carrasco (*Pinus halepensis)*. El intervalo de pendientes donde se han desarrollado los trabajos ha ido desde el 10% hasta el 96%. La pedregosidad es escasa. La distancia media al parque de astillado es de 411metros.

  La especie objeto del aprovechamiento ha sido el pino carrasco (*Pinus halepensis)*. Se trata de un pinar denso con valores que rondan los 442 pies/ha y en el que la masa se ubica principalmente dentro de las clases diamétricas de 12,5 -22,5 cm.

- ***Parcela 02_El Burgo:*** Parcela con una superficie de 6,74 ha. La pendiente es variada, siendo el intervalo de pendiente en el que se ha trabajado del 6% al 94%. El suelo presenta escasa potencialidad. La pedregosidad es escasa. La presencia de barro durante el desarrollo de los trabajos ha sido aproximadamente del 40%. La distancia al parque de astillado es de 212 metros.

  La especie objeto del aprovechamiento ha sido el pino carrasco (*Pinus halepensis)*. Igualmente es un pinar muy denso con valores que rondan los 785 pies/ha y en el que la masa se ubica principalmente dentro de las clases diamétricas de 7,5-22,5 cm.

- ***Parcela 03_El Burgo:*** Ocupa una superficie de 5,67 ha. Las pendientes son generalmente suaves, con un intervalo del 3% al 42%. El suelo presenta características medias, con nula pedregosidad. La distancia media al parque de astillado es de 448 metros.

  La especie objeto del aprovechamiento ha sido el pino carrasco (*Pinus halepensis)*. Se trata de un pinar de densidad variable con valores que rondan los 303 pies/ha y en el que la masa se ubica principalmente dentro de la clases diamétricas de 17,5 -32,5 cm.



5.8.2. Metodología: Procedimientos

Con independencia de que los procedimientos de extracción y preparación de la biomasa que se han seguido en cada una de las parcelas se resumen en la **Tabla 131**, se describen a continuación con cierto detalle.

5.8.2.1. Apeo

En las tres parcelas el apeo ha sido manual con motosierra (STIHL 026), con orientación hacia las calles de desembosque. Por el pequeño diámetro de cada pie se han realizado cortes sin entalladura.

5.8.2.2. Desembosque

En la ***parcela 1*** el desembosque se ha realizado en dos fases: desembosque a cargadero y desembosque a parque de astillado. En la primera fase, los árboles completos son extraídos a cargadero con el skidder con cable (TECFORM 500Z) apoyado sobre caminos. En un principio el método de desembosque planteado era el de "fuste +copa", si bien fue modificado a "árbol completo" para facilitar la extracción de los mismos, aumentando así el rendimiento de desembosque y disminuyendo, por lo tanto, los costes de extracción. En la segunda fase, se procedió al traslado de los pies al parque de astillado con la ayuda de un autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B).

En la ***parcela 2*** se ha seguido la misma metodología y se emplea la misma maquinaria que en la anterior. Inicialmente se había planteado desemboscar los pies con autocargador desde la zona de apeo hasta el parque de astillado, sin necesidad de realizar un desembosque intermedio. Sin embargo, la densidad de la masa tras la corta, seguía siendo alta para el tránsito de maquinaria (autocargador), no permitiendo la realización del desembosque a cargadero con apoyo de skidder o de tractor oruga. Se comenzó a trabajar con el método de "fuste+copa", pero al igual que en la ***parcela 1***, hubo que cambiar al método de árbol completo por los bajos rendimientos observados. Evidentemente, cualquier manipulación intermedia (descopado, tronzado, etcétera), supone la realización de operaciones intermedias con el consiguiente incremento de coste por la bajada de los rendimientos.

En la ***parcela 3***, tras la corta, los árboles completos son transportados directamente a parque de astillado con el autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B). Al tratarse de un terreno con pendientes suaves-medias, los trabajos de extracción se ven facilitados. Aun así, se han apoyado las vías de saca sobre caminos con la intención de facilitar la saca de árboles completos. Con objeto de facilitar el tránsito de la maquinaria por la parcela para la recogida del material, se fijó el porcentaje de corta hasta el 45%.

5.8.2.3. Astillado

En las tres parcelas se ha realizado la reducción de volumen de la biomasa en el parque de astillado con la astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (BANDIT 1680). Si bien el procedimiento más adecuado hubiese sido el vertido directo de la astilla generada a camión, al no haberse podido realizar la adjudicación del aprovechamiento, y no disponer por tanto de un comprador para la biomasa generada, la astilladora ha vertido la astilla directamente sobre el terreno. El resultado del astillado son montones de tamaño homogéneo.

A continuación se presenta una tabla resumen de las actuaciones y un plano con la superficie de cada parcela y la ubicación de los cargaderos y del parque de astillado.

Tabla 131. Resumen de actuaciones. Monte La Espartosa

PARCELA	CORTA	EXTRACCIÓN DE RESIDUOS	ASTILLADO
01_El Burgo	Manual orientado	Desembosque de árbol completo a cargadero mediante skidder con cable apoyado en camino. Transporte a parque de astillado con autocargador doble eje.	Astillado de árbol completo o fuste más copa en parque de astillado con astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada.remolcada
02_El Burgo	Manual orientado. En esta parcela sobre una pequeña superficie se utiliza el método de fuste más copa	Desembosque de árbol completo o fuste más copa a cargadero con skidder con cable apoyado en camino. Transporte a parque de astillado con autocargador doble eje.	
03_El Burgo	Manual orientado	Desembosque árbol completo a parque de astillado mediante autocargador doble eje.	

Fuente. Elaboración propia

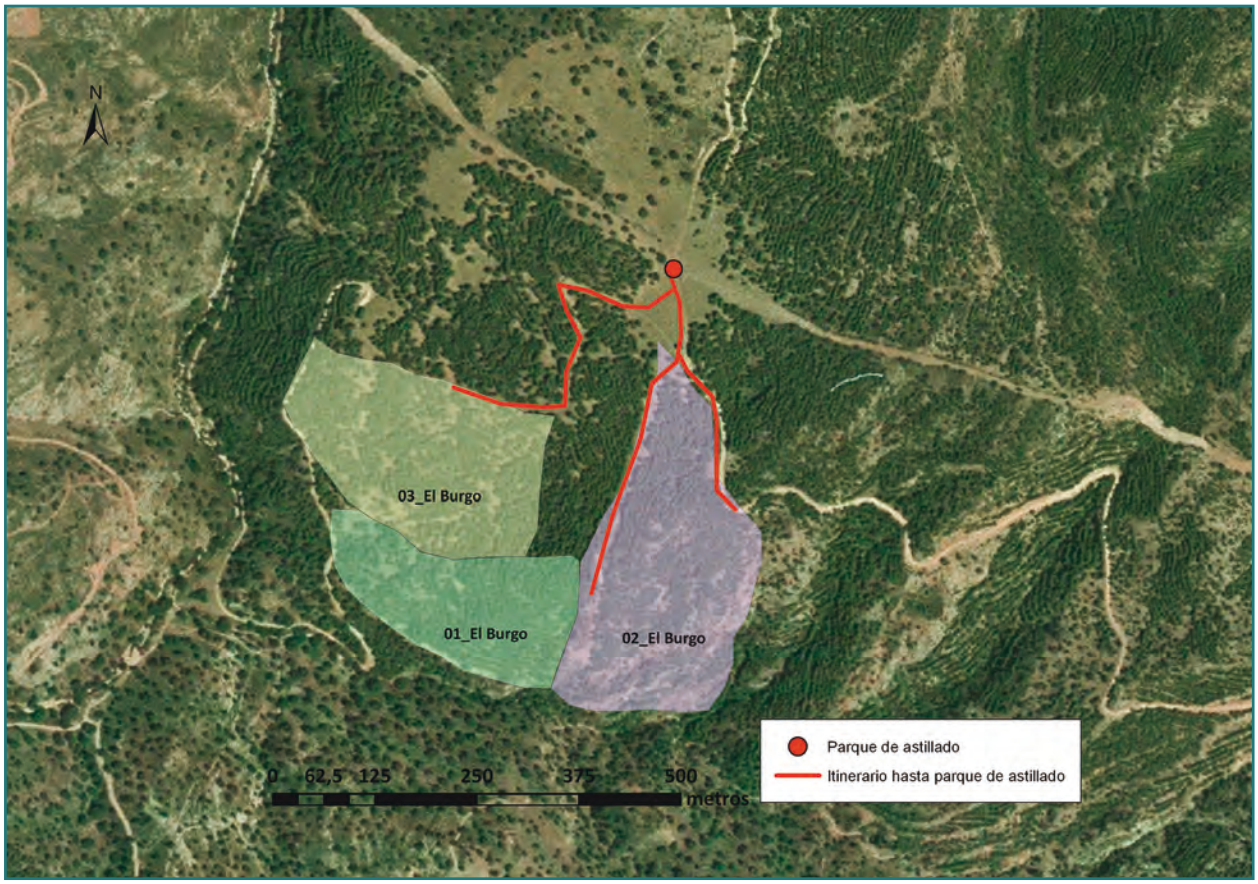


Figura 203. Plano de parcelas. Monte La Espartosa

5.8.3. Resultados

5.8.3.1. Actualización de los datos de inventario

En la **Tabla 132** se muestra la densidad inicial y el número de pies presentes en la parcela según los datos del inventario.

Tabla 132. Datos de Inventario. Monte La Espartosa

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DENSIDAD (pies/ha)	Dn MEDIO (cm)	PIES TOTALES
Málaga	Sierra de El Burgo	01_El Burgo	3,88	*Pinus halepensis*	441	18,3	1.713
Málaga	Sierra de El Burgo	02_El Burgo	6,74	*Pinus halepensis*	784	16,0	5.286
Málaga	Sierra de El Burgo	03_El Burgo	5,67	*Pinus halepensis*	303	24,7	1.717

Fuente. Elaboración propia

Para que los resultados obtenidos puedan ser comparables, los pesos secos están referidos a un porcentaje del 30% de humedad. En la siguiente tabla se especifica para la especie *Pinus halepensis* el peso, por clase diamétrica, para cada fracción de biomasa.

Tabla 133. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica. Valores modulares

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	3,1	2,6	5,7
2	7,5-12,5	14,4	11,8	26,3
3	12,5-17,5	35,6	28,9	64,4
4	17,5-22,5	67,3	54,1	121,6
5	22,5-27,5	101,9	81,5	199,0
6	27,5-32,5	149,1	148,6	297,7
7	32,5-37,5	204,5	214,0	418,6
8	37,5-42,5	267,7	294,6	562,3
9	42,5-47,5	338,1	391,3	729,4
10	47,5-52,5	415,1	505,6	920,7
11	52,5-57,5	498,2	638,3	1.136,5
12	57,5-62,5	586,6	790,9	1.377,5

Fuente. Montero, G. *et al.* (2006) "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles". INIA

5.8.3.2. Criterio de corta y señalamiento

Para la obtención de los datos de corta y biomasa se ha utilizado el señalamiento realizado para las parcelas de trabajo. Este señalamiento incluye tanto los pies a extraer según el aprovechamiento definido en el proyecto, como los pies a extraer para la apertura de las vías de saca. El destino propuesto del aprovechamiento en las tres parcelas es biomasa para valorización energética.

A partir de esta información y para cada parcela se ha obtenido una biomasa teórica extraída (**Tabla 134**) empleando el diámetro normal del árbol tipo de cada parcela demostrativa y los valores modulares de la especie *Pinus halepensis* en España definidos en "Producción de biomasa y fijación de $C0_2$ por los bosques españoles" de Montero, G. *et al.* (2006).

Según lo anterior, se muestra a continuación un resumen de la corta realizada y la biomasa que se obtendría con la misma.

Tabla 134. Datos de señalamiento. Monte La Espartosa

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)		% CORTA	PESO EXTRAÍDO[1]	
				INICIAL	FINAL		(kg/pie)	(t/ha)
Málaga	Sierra de El Burgo	01_El Burgo	3,88	441	372	16	95,6	6,6
		02_El Burgo	6,74	784	445	43	80,4	27,3
		03_El Burgo	5,67	303	166	45	158,4	21,7

Fuente. Elaboración propia [1]Peso con un 30% de humedad

En las ***parcelas 01*** y ***02_El Burgo*** existe una ligera discrepancia, en torno al 4 y al 1% respectivamente, entre los pies señalados y los pies apeados, siendo superior este último. En el caso de la ***parcela 03_El Burgo*** se ha presentado una discrepancia significativa, en torno al 33%, entre los pies señalados y los pies apeados, siendo superior este último. Este aumento se ha debido a la necesidad de apear aquellos pies que impedían el correcto tránsito de la maquinaria por la parcela para la recogida del material.



5.8.3.3. Distribución de tiempos de la maquinaria

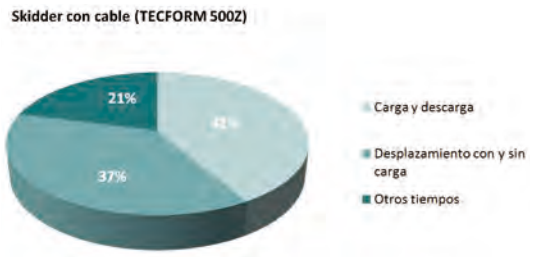
Se ha calculado el tiempo que invierte cada máquina en los procesos en los que interviene con la finalidad de obtener el tiempo operativo real y el porcentaje que dedica a cada operación.

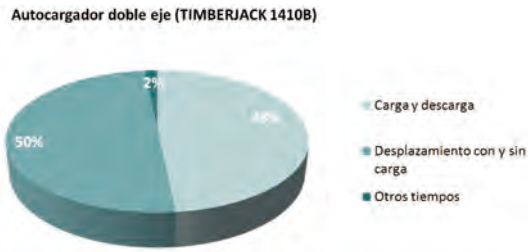
5.8.3.3.1. Parcela 01_ El Burgo

Tabla 135. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte La Espartosa

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
01_El Burgo	Skidder (TECFORM 500Z)	37	**Ciclo completo**	**7,4**	**79**
			Carga y descarga	3,9	42
			Desplazamiento con y sin carga	3,5	37
			Otros tiempos	**2,0**	**21**
			Total	**9,3**	**100**
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	25	**Ciclo completo**	**4,5**	**98**
			Carga y descarga	2,2	48
			Desplazamiento con y sin carga	2,3	50
			Otros tiempos	**0,1**	**2**
			Total	**4,5**	**100**
	Astilladora (BANDIT 1680) sobre chasis y remolcada	2	**Astillado**	**3,4**	**92**
			Otros tiempos	**0,3**	**8**
			Total	**3,7**	**100**

Fuente. Elaboración propia







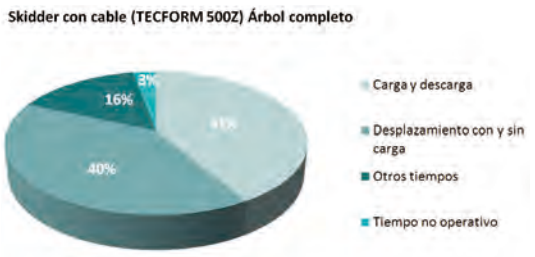
Figuras 204, 205 y 206. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 01_El Burgo

5.8.3.3.2. Parcela 02_ El Burgo

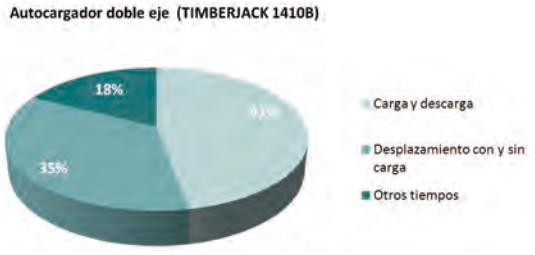
Tabla 136. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte La Espartosa

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
02_El Burgo	Skidder (TECFORM 500Z)_Árbol completo	1.257	**Ciclo completo**	**73,3**	**81**
			Carga y descarga	37,2	41
			Desplazamiento con y sin carga	36,1	40
			Otros tiempos	**14,0**	**16**
			Tiempo no operativo	**2,6**	**3**
			Total	**89,9**	**100**
	Skidder (TECFORM 500Z)_Fuste más copa	118	**Ciclo completo**	**4,9**	**92**
			Carga y descarga	2,9	54
			Desplazamiento con y sin carga	2,0	38
			Otros tiempos	**0,1**	**1**
			Tiempo no operativo	**0,4**	**7**
			Total	**5,3**	**100**
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	154	**Ciclo completo**	**17,3**	**83**
			Carga y descarga	9,9	47
			Desplazamiento con y sin carga	7,4	35
			Otros tiempos	**3,7**	**17**
			Total	**21,0**	**100**
	Astilladora (BANDIT 1680) sobre chasis y remolcada_Árbol completo	69	**Astillado**	**19,9**	**78**
			Otros tiempos	**3,8**	**15**
			Tiempo no operativo	**1,7**	**7**
			Total	**25,4**	**100**
	Astilladora (BANDIT 1680) sobre chasis y remolcada_Fuste+copa	6	**Astillado**	**1,8**	**94**
			Otros tiempos	**0,1**	**6**
			Total	**1,9**	**100**

Fuente. Elaboración propia











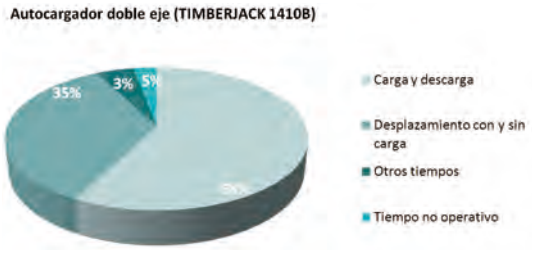
Figuras 207, 208, 209, 210 y 211. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 02_El Burgo

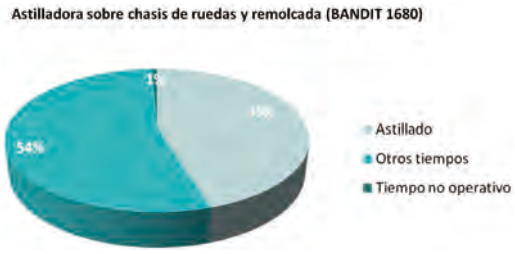
5.8.3.3.3. Parcela 03_ El Burgo

Tabla 137. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte La Espartosa

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
03_El Burgo	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	106	**Ciclo completo**	**18,2**	**92**
			Carga y descarga	11,4	57
			Desplazamiento con y sin carga	6,9	35
			Otros tiempos	**0,9**	**5**
			Tiempo no operativo	**0,6**	**3**
			Total	**19,7**	**100**
	Astilladora (BANDIT 1680) sobre chasis y remolcada_Árbol completo	18	**Astillado**	**6,2**	**45**
			Otros tiempos	**7,4**	**54**
			Tiempo no operativo	**0,1**	**1**
			Total	**13,7**	**100**

Fuente. Elaboración propia





Figuras 212 y 213. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 03_El Burgo

La distribución de tiempos de carga y descarga y de desplazamientos en el desembosque de árbol completo realizado por el skidder ha sido muy similar en las parcelas. Cuando se realiza el desembosque de fuste más copa, aún manteniéndose similar el porcentaje de tiempo de los desplazamientos en comparación al desembosque de árbol completo, se aprecia mayor diferencia en la distribución de tiempos de carga y descarga. Esto se debe a que hay que realizar dos enganches y desenganches por árbol cuando el método es de "fuste+copa" mientras que con el método de "árbol completo" sólo hay que realizar uno.

En cuanto al autocargador, no se aprecian diferencias significativas en su distribución de tiempos en las diferentes parcelas. Los porcentajes de carga y descarga son superiores a en las ***parcelas 2*** y ***3*** pero esto es debido a que en estas parcelas la densidad de corta es superior a la primera.



5.8.3.4. Desembosque

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados obtenidos para la fase de desembosque. En ella se expone para cada una de las máquinas utilizadas, las distancias medias recorridas, el rendimiento medio obtenido y el coste por hectárea y tonelada, así como la pendiente media de trabajo.

Tabla 138. Resultados de los datos de desembosque. Monte La Espartosa

PARCELA	MÁQUINA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO (t/h)			COSTE	
				MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
01_El Burgp	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	59	0-30	3,3	1,2	8,9	166	25
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	683	0-30	4,9	4,2	5,8	131	20
02_El Burgo	Skidder con cable (TECFORM 500Z)_AC	106	0-30	3,0	0,8	14,5	772	28
	Skidder con cable (TECFORM 500Z)_FC	59	0-30	4,7	1,0	10,8	487	18
03_El Burgo	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	283	0-30	6,4	3,4	10,7	411	15
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	356	0-30	8,4	2,5	19,4	250	12

Fuente. Elaboración propia

Por otro lado, para cada tipo de maquinaria se ha obtenido un rendimiento medio en condiciones óptimas y bajo alguno de los factores limitantes. En la **Tabla 139** se resume el rendimiento medio en situación óptima y situación no favorable. En la ***parcela 01_ El Burgo*** se trabaja siempre en condiciones óptimas. En la ***parcela 02_El Burgo***, en el caso del skidder con cable con método árbol completo, las condiciones desfavorables vienen ocasionadas por la pedregosidad, afloramientos rocosos y barro, mientras que en el skidder con cable con método fuste más copa estas dificultades vienen determinadas por la presencia de barro. Para el autocargador, las condiciones desfavorables están determinadas por los afloramientos rocosos. En la ***parcela 03_El Burgo*** el autocargador trabaja siempre en condiciones favorables.

Tabla 139. Rendimiento medio según condiciones. Monte La Espartosa

PARCELA	MÁQUINA	Nº CICLOS	SITUACIÓN	Nº PIES	RENDIMIENTO	
					(pies/h)	(t/h)
01_El Burgo	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	34	Todos	133	21	3,3
		34	Óptimo	133	21	3,3
			No favorable			
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	6	Todos	228	51	4,9
		6	Óptimo	228	51	4,9
			No favorable			
02_El Burgo	Skidder con cable (TECFORM 500Z)_AC	309	Todos	1.911	-	3,0
		150	Óptimo	958	-	3,0
		159	No favorable	953	-	3,0
	Skidder con cable (TECFORM 500Z)_FC	29	Todos	90	-	4,7
			Óptimo			
		29	No favorable	90	-	4,7
	Autocargador (TIMBERJACK 1410B)	38	Todos	1.319	80	6,4
		29	Óptimo	976	81	6,5
		9	No favorable	343	76	6,1
03_El Burgo	Autocargador de doble eje (TIMBERJACK 1410B)	26	Todos	633	60	9,4
		26	Óptimo	633	60	9,4
			No favorable			

Fuente: Elaboración propia

5.8.3.4.1. Parcela 01_ El Burgo

Solo se ha obtenido gráfico de dispersión del rendimiento (t/h) en función de la distancia de desembosque para el skidder con cable en el intervalo de pendiente 0%-30% ya que en los otros intervalos de pendiente el número de ciclos de trabajo es demasiado bajo como para poder extraer conclusiones fiables (ver **Tabla 120**).

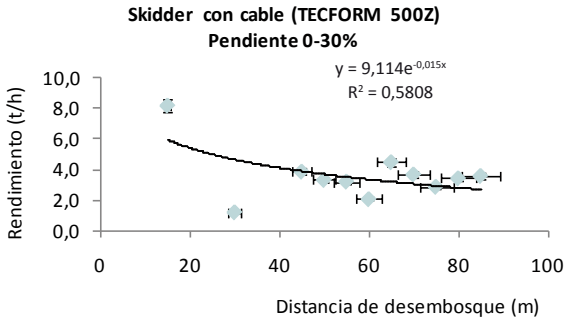


Figura 214. Gráfico de dispersión. Parcela 01_El Burgo. n = 11

5.8.3.4.2. Parcela 02_ El Burgo

En la ***parcela 2*** se han obtenido varios modelos que explican la distribución de los datos en el intervalo de pendientes 0-30% y 30-50%.

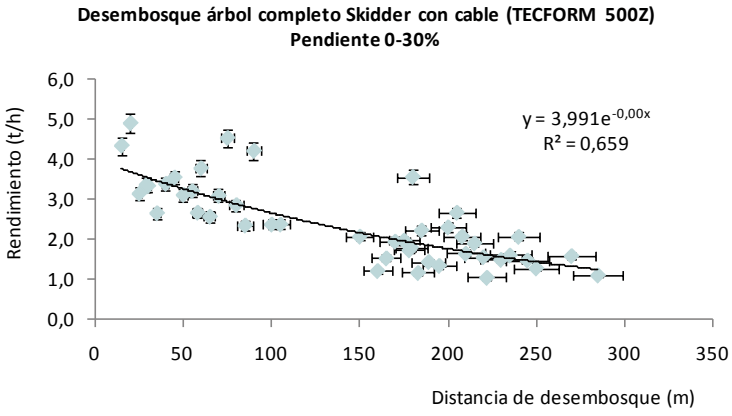


Figura 215. Gráfico de dispersión. Parcela 02_El Burgo. n = 46

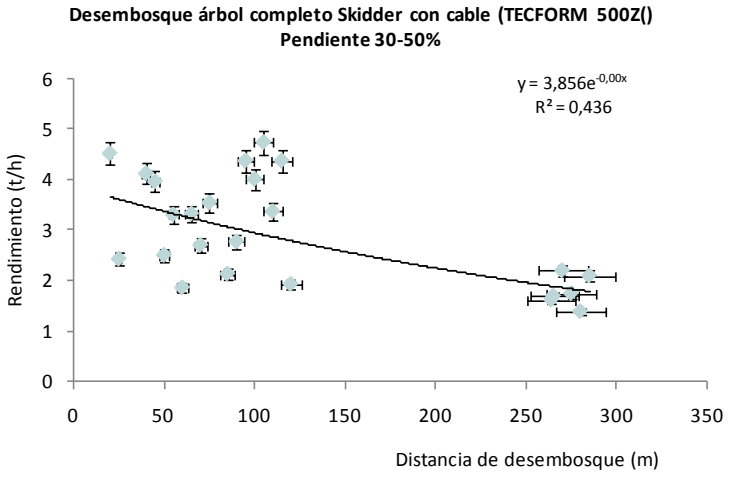


Figura 216. Gráfico de dispersión. Parcela 02_El Burgo. n = 25

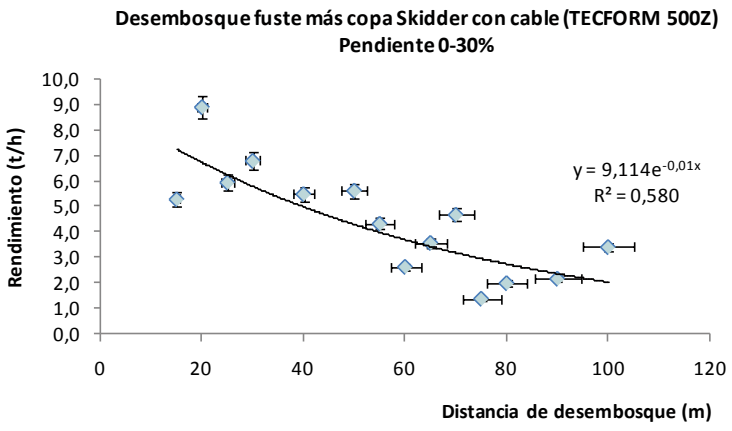


Figura 217. Gráfico de dispersión. Parcela 02_El Burgo. n = 14

5.8.3.4.3. Parcela 03_ El Burgo

En la ***parcela 3***, se ha obtenido un modelo que explica la distribución de los datos para una situación óptima (**Figura 218**). Sin embargo, no ha podido calcularse para condiciones no favorables porque nuevamente el número de ciclos de trabajo ha resultado ser demasiado bajo como para realizar un análisis fiable (**Tabla 140**).

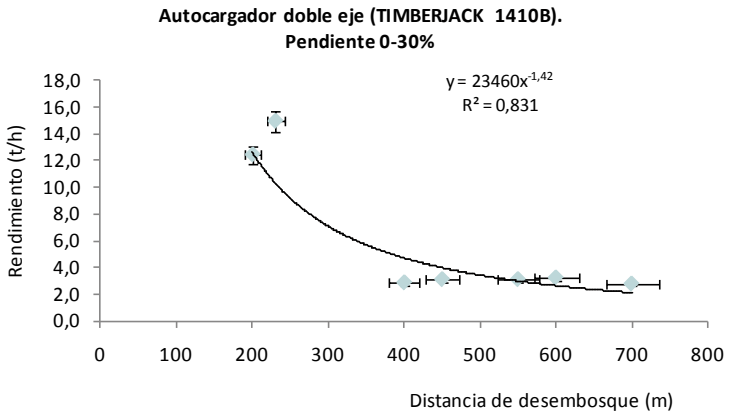


Figura 218. Gráfico de dispersión. Parcela 03_El Burgo. Desembosque árbol completo. Condiciones favorables. n = 7



Tabla 140. Rendimiento (t/h) en función de la distancia de desembosque (m) y la pendiente. Monte La Espartosa

PARCELA	MÁQUINA	MÉTODO	PENDIENTE MEDIA (%)	RENDIMIENTO MEDIO (t/h)	DISTANCIA MEDIA (m)	RENDIMIENTO (t/h)					ECUACIÓN[1]	R^2
						Distancia (m)	MED	MIN	MAX	Nº CICLOS		
01_El Burgo	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	AC	0-30%	3,7	56	15≤d≤85	3,7	1,2	8,9	25		
			30-50%	2,5	53	40≤d≤75	2,5	1,9	3,9	6		
			>50	2,4	93	90≤d≤ 95	2,4	2,0	3,1	3		
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 410B)	AC	0-30%	4,9	683	500≤d≤ 900	4,9	4,2	5,9	6		
02_ El Burgo	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	AC	0-30%	2,9	91	0<d≤100	3,2	1,3	14,5	135	Rendimiento (t/h) = 3,9911e$^{-0,004d}$	0,6596
						100<d≤200	2,1	1,2	8,9	27		
						200<d≤ 300	1,7	1,1	2,7	22		
			30-50%	3,1	92	0<d≤120	3,3	1,1	8,5	58	Rendimiento (t/h) = 3,8567e$^{-0,003d}$	0,4368
						260<d≤300	1,8	1,4	2,2	7		
			>50	1,7	175	0<d<135	1,7	1,0	2,4	19		
						210<d<290	1,7	0,9	3,3	28		
		FC	0-30%	4,3	61	0<d≤50	6,3	4,2	9,5	8	Rendimiento (t/h) = 9,114e$^{-0,015d}$	0,5808
						50<d≤100	3,2	1,0	6,7	18		
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	AC	0-30%	6,4	75	35<d≤150	6,4	4,6	8,0	8		
					340	300≤d≤ 400	6,4	3,4	9,2	30		
03_ El Burgo	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	AC	0-12%	13,4	212	200≤d≤230	13,4	9,1	19,4	13	Rendimiento (t/h) = 23460 d$^{-1,42}$	0,8314
			12-30%	3,4	501	400≤d≤700	3,4	2,5	5,6	13		

Fuente. Elaboración propia

[1] d: distancia de desembosque (m)

*En condiciones favorables y para una pendiente 0%-30%.

5.8.3.5. Astillado

En la **Tabla 141** se presentan los resultados obtenidos para el astillado: el rendimiento medio y coste por hectárea y tonelada.

Tabla 141. Rendimiento (pies/h, t/h) en las operaciones de astillado. Monte La Espartosa

PARCELA	MAQUINARIA	MÉTODO	RENDIMIENTO		COSTE	
			(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
01_El Burgo	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (BANDIT 1680)	AC	77	7,3	92	14
02_El Burgo		AC	105	8,5	329	12
		FC	93	7,5	372	14
03_El Burgo		AC	58	9,2	240	11

Fuente. Elaboración propia

La astilladora ha trabajado en las tres parcelas en condiciones óptimas, esto es, sin ningún factor limitante, con unos rendimientos y costes aceptables, lo que resulta lógico ya que el material se encontraba perfectamente apilado para su triturado.



5.8.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos

A continuación se presenta un resumen de todos los datos obtenidos con anterioridad, de tal manera, que se pueda obtener resultados sintetizados del aprovechamiento llevado a cabo tanto en condiciones óptimas como en no favorables.

Tabla 142. Rendimiento (t/h) y costes de extracción del aprovechamiento de biomasa forestal. Monte La Espartosa

PARCELA	SITUACIÓN	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
01_El Burgo	Óptima	Desembosque a pista	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	3,3	25	59
		Desembosque a cargadero	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	4,9	20	
		Astillado	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (BANDIT 1680)	7,3	14	
02_El Burgo	Óptima	Desembosque a pista	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	3	28	55
		Desembosque a cargadero	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	6,5	15	
		Astillado	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (BANDIT 1680)	8,5	12	
	No favorable	Desembosque a pista	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	3	28	56
		Desembosque a cargadero	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	6,1	16	
		Astillado	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (BANDIT 1680)	8,5	12	
03_El Burgo	Óptimo	Desembosque	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	9,4	10	21
		Astillado	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (BANDIT)	9,2	11	
	No favorable	Desembosque	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	4,0	24	35
		Astillado	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (BANDIT)	9,2	11	

Fuente. Elaboración propia

A la vista de la tabla se deduce que es más ventajoso económicamente el desembosque directo desde la zona de apeo a parque de astillado con autocargador, como ocurre en la ***parcela 3***. Los costes llegan a reducirse hasta en 14€/t, cuando las condiciones de la parcela, en lo que se refiere a pendiente, pedregosidad y densidad de la masa, son óptimas. Los rendimientos del skidder en las otras dos parcelas han sido normales y aceptables.

De forma general, en los trabajos realizados en el presente monte, se puede concluir que:

- Las operaciones de apeo se podrían haber mecanizado en aquellas zonas donde han existido unas condiciones más favorables, tales como menor pendiente y menor pedregosidad.

- En las operaciones de desembosque hubiese resultado interesante haber probado junto al skidder otra maquinaria como el tractor oruga o incluso el tractor neumático, para comprobar la relación entre el rendimiento y el coste y su eficacia. La versatilidad del skidder resulta incuestionable en comparación con el tractor, si bien se debe tener en cuenta su diferencia de costes, cercana a los 20€/h.

- En cuanto al astillado, la opción planteada es buena en cuanto a rendimiento y costes. Hubiese sido interesante realizar alguna prueba con astilladora montada en autocargador para comparar éstos. Es necesario indicar que es importante el tiempo que transcurre desde que se realizan las labores de astillado hasta que el producto se transporta a fábrica, para evitar manipulaciones intermedias (mayor coste, por ejemplo el remontado de pilas para evitar fenómenos de fermentación) y pérdidas del producto por contaminación.



5.9. Málaga: Las Majadas de Ronda y El Berrueco

5.9.1. Localización: Área de actuación

El monte “Las Majadas de Ronda y El Berrueco” (MA-71004-AY) está situado en el término municipal de Cortes de la Frontera, Partido Judicial de Ronda, en la provincia de Málaga. Este monte se encuentra en su mayor parte en el Parque Natural Los Alcornocales, aunque tiene su extremo dentro de los límites del Parque Natural Sierra de Grazalema.



Figura 219. Croquis de situación

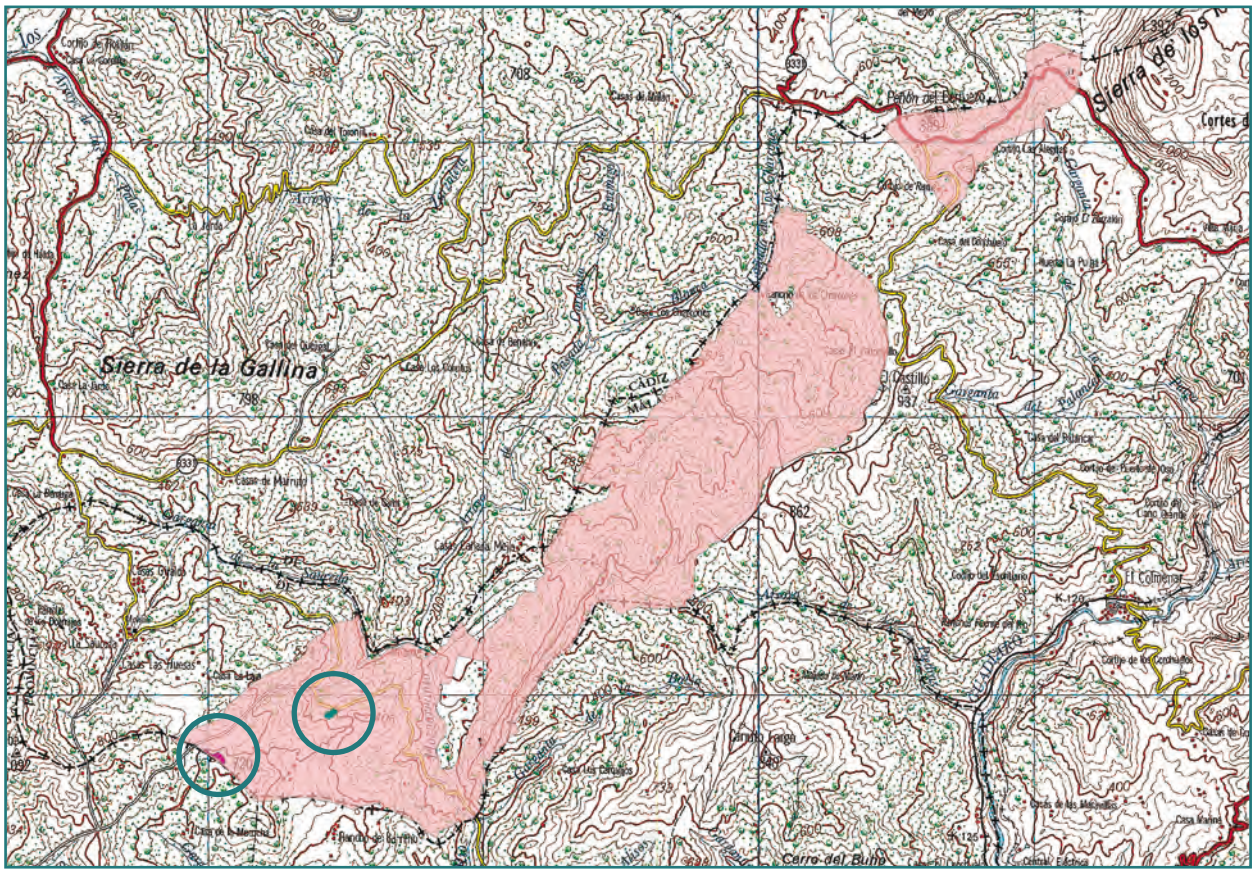


Figura 220. Monte Las Majadas de Ronda y El Berrueco

El monte "Las Majadas de Ronda y El Berrueco" es la agrupación de los antiguos montes "Las Majadas" (MA-70006-CCAY) y "El Berrueco" (MA-70004-CCAY), que fueron incluidos en el Catálogo de Montes de Utilidad Pública de 1901 de la provincia de Málaga con los números 32 y 30, respectivamente. Está gestionado por la Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, en virtud al Convenio de Cooperación de fecha 2 de mayo de 2004.

La altitud máxima es de 897,5 m y la mínima de 150 m. El monte tiene una pendiente media del 28%. Se trata de zonas poco escarpadas, de topografías con inclinaciones inferiores al 40% en su mayoría, pudiendo decir que la pendiente en este monte no es un factor limitante. Predominan las orientaciones umbrosas, mostrando normalmente una vegetación más mesófita.

En el Parque Natural "Los Alcornocales" impera un clima con unas determinadas peculiaridades. Debido a la ubicación en la que se encuentra, los inviernos son lluviosos y con una alta inestabilidad atmosférica, mientras que en los veranos escasean las precipitaciones. Por otro lado, la ubicación del Parque entre el mar Mediterráneo y el océano Atlántico, suaviza las temperaturas y aumenta la humedad.

El clima es de tipo mediterráneo genuino. La temperatura media anual de es de 16 ºC, con práctica inexistencia de temperaturas inferiores a los 0 ºC, lo que se traduce en una escasísima incidencia de las heladas. Hay que resaltar la importancia de las denominadas precipitaciones ocultas o precipitaciones horizontales, es decir, la niebla goteante y el rocío.

El monte "Las Majadas de Ronda y El Berrueco" se encuadra dentro del piso bioclimático termomediterráneo, con la serie de vegetación meso-termomediterránea aljíbico-tingitana húmedo-hiperhúmeda del alcornoque (*Quercus suber*): *Teucrio baetici-Querceto suberis S*.

La formación vegetal más extensa del monte son los alcornocales, localizándose sobre los terrenos ácidos de areniscas. La especie dominante es el alcornoque y se encuentra formando masas puras, aunque en las umbrías y fondos de valle aparece mezclado con el quejigo (*Quercus canariensis*), mientras que en los lugares más secos se intercala con el acebuche (*Olea europea* var. *sylvestris*). También existen repoblaciones de *Pinus pinaster* y, en menor medida, de *P. radiata*, *P. halepensis* y *P. pinea* distribuidas en pequeños rodales.

También existen masas de quejigos, aunque presentan problemas derivados de antiguas prácticas de trasmoche que han dejado a una gran parte de los pies con podredumbres en la cruz, que da lugar a descuaje de ramas completas y a derribos. Por su parte, los pinares ocupan una superficie pequeña del monte, distribuida en pequeños rodales de repoblación. Se localizan pinares de *Pinus pinaster* y, en menor medida, de *P. radiata*, *P. halepensis* y *P. pinea*. Estos pinares se encuentran en una fase de desarrollo medio, siendo las clases naturales de edad predominantes las comprendidas entre el latizal alto y el fustal bajo.

Se encuentra incluido en la 11ª REVISIÓN DEL PROYECTO DE ORDENACIÓN "LAS MAJADAS DE RONDA Y EL BERRUECO", con fecha de aprobación de 2010 y un periodo de vigencia de 10 años.

Inicialmente se habían previsto trabajos en 3 parcelas: 01_Majadas, 02_Majadas y 03_Majadas. Si bien, finalmente solamente se ha trabajado en dos de ellas. En la **Tabla 143** se realiza un resumen de las características generales de las mismas.

Tabla 143. Caracterización de las parcelasMonte Las Majadas de Ronda y El Berrueco

MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	PENDIENTE (%)	PEDREGOSIDAD (%)
Las Majadas de Ronda	01_Majadas	3,0	*Quercus ilex,* brezo	30	Media
	02_Majadas	2,8	*Quercus suber*	<15	Media
	03_Majadas	5,0	*Pinus radiata*	0-60	Media

Fuente. Elaboración propia

En la ***parcela 01_Majadas*** las especies objeto de aprovechamiento eran encina y brezo. Se realizaron labores de roza, apeo y apilado de residuos en 3 hectáreas. Sin embargo, la elevada pendiente desaconsejó la continuación de los trabajos, debido a la imposibilidad de llevar a cabo una saca de manera eficiente.

A continuación pasan a describirse las parcelas donde se han efectuado los trabajos.

- ***Parcela 02_Majadas:*** Parcela con una superficie de 2,8 ha. La pendiente media es del 8%, con una presencia media de pedregosidad y de afloramientos rocosos. El parque de astillado se encuentra a una distancia máxima de 5.000 metros. La especie objeto del aprovechamiento ha sido el alcornoque (*Quercus suber).*

- ***Parcela 03_Majadas:*** Parcela con una superficie de 5,0 ha. La pendiente media es mayor del 30%, existiendo también un nivel de pedregosidad medio. Se ubican dos parques de astillado de grandes dimensiones: el primero a unos 800 m de la parcela y bastante más reducido limítrofe a la misma. La especie objeto del aprovechamiento ha sido el pino radiata (*Pinus radiata).*



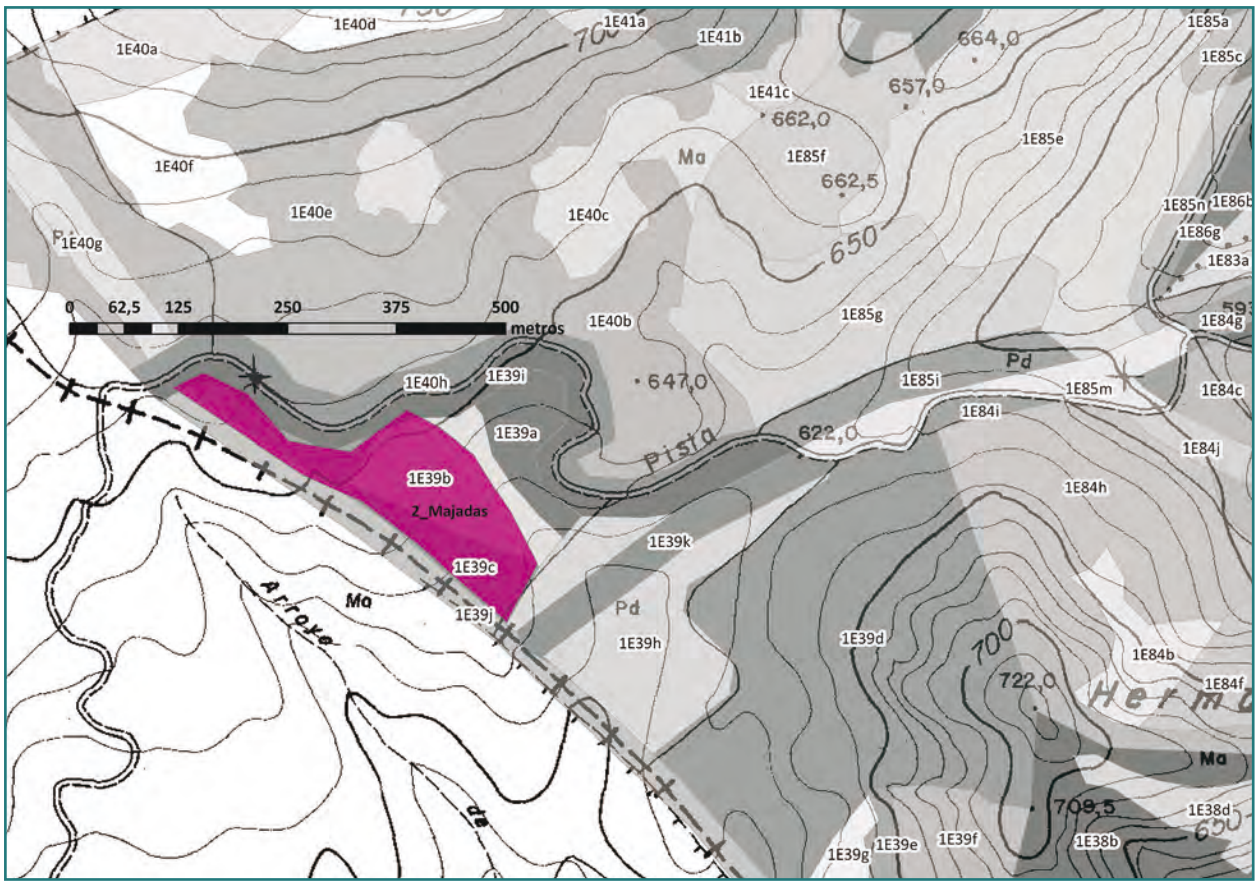


Figura 221. Croquis parcela 2_Majadas

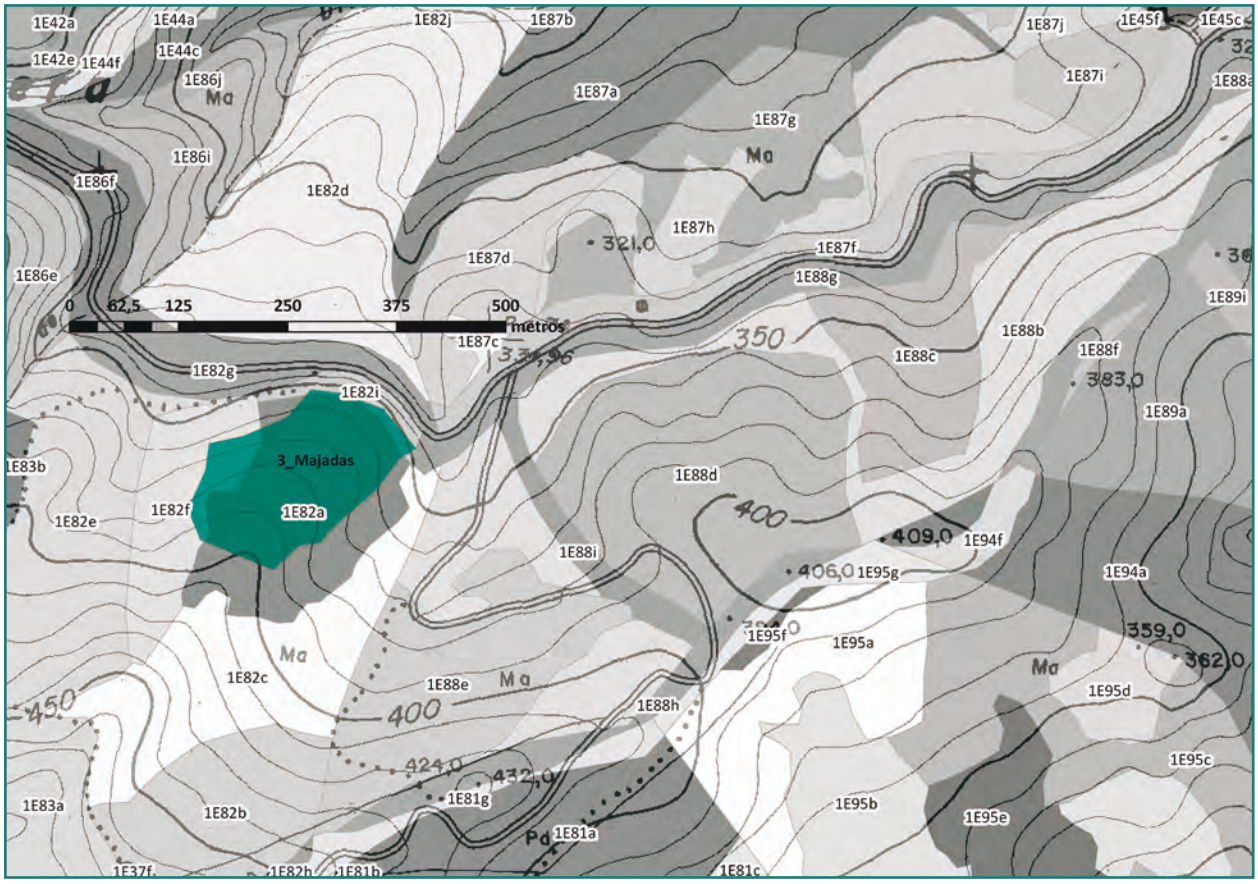


Figura 222. Croquis parcela 3_Majadas

5.9.2. Metodología: Procedimientos

Los procedimientos de extracción y preparación de la biomasa que se han seguido en cada una de las parcelas se resumen en la **Tabla 144**, y se detallan a continuación.

5.9.2.1. Apeo

5.9.2.1.1. Apeo manual

En la ***parcela 2,*** se ha realizado apeo con motosierra (STIHL 026), ejecutando una clara de alcornoque, con un peso de corta de aproximadamente un 20%. Los pies han sido tronzados preparándolos para su posterior desembosque con arriería. Las propias copas, al ser muy abiertas, han tenido que ser tronzadas

En la ***parcela 3***, se ha efectuado una corta a hecho de *Pinus radiata*. El apeo ha sido dirigido, con motosierra (STIHL 026), para facilitar los posteriores trabajos de desembosque. Los pies han sido tronzado (a unos 6-7 metros) para facilitar el desembosque mediante autocargador. En aquellas zonas de mayor pendiente se ha realizado un tronzado a trozas cortas ya que el método de desembosque ha sido con bestias seguido de autocargador hasta parque de astillado.

5.9.2.2. Desembosque

En la ***parcela 2*** el desembosque se ha realizado con arriería y tractor grúa más remolque (tractor autocargador). El desembosque intermedio, desde la zona de apeo hasta pie de pista o vía de saca lo han efectuado animales de tiro. Desde este cargadero hasta el parque de astillado se ha empleado un tractor autocargador (CASE 1255XL). La gran distancia que separa el cargadero del parque de astillado, cercana a los 5 km, ha condicionado la elección de este tipo de tractor autocargador, con el que se consigue una velocidad media de 30 km/h frente a los 7 km/h de un autocargador convencional.

En las zonas de mayor pendiente de la ***parcela 3*** se ha seguido la misma metodología que en la parcela anterior; desembosque desde la zona de apeo hasta cargadero con bestias de carga y utilización del tractor autocargador (CASE 1255XL) hasta parque de astillado. El tractor autocargador (CASE 1255XL) al tratarse de una adaptación de tractor grúa más remolque, tiene muchas limitaciones en cuanto a pendiente, en comparación con el autocargador convencional (TIMBERJACK 1410B). Por tanto ha habido que desestimar el uso del primero de ellos en gran parte de la ***parcela 3***.

En el resto de la ***parcela 3***, no ha sido necesario el apoyo de la arriería, habiéndose utilizado en el desembosque desde la zona de apeo hasta el parque de astillado se ha utilizado únicamente un autocargador convencional (TIMBERJACK 1410B).

5.9.2.3. Astillado

En ambas parcelas se ha empleado una astilladora móvil arrastrada/remolcada (MORBARK Beever R20 de 400cv) alimentada y remolcada por una retroexcavadora hidráulica con pinza (FIAT Hitachi FH200) El parque de astillado de la ***parcela 2*** se encuentra situado a varios kilómetros de la misma, pues se ha buscado no tener que realizar un transporte intermedio de la astilla.

Por su parte, en la ***parcela 3*** se encuentran 2 parques de astillado de grandes dimensiones, a unos 800 metros y que se comparten con la ***parcela 2***. El segundo, con una superficie muy reducida, es limítrofe. Este último parque se ha utilizado en la fase final de los trabajos a fin de poder realizar una comparativa de rendimientos en cuanto a distancia de desembosque. Para este análisis se ha trabajado con el autocargador.

Tabla 144. Resumen de actuaciones. Monte Las Majadas de Ronda y El Berrueco

PARCELA	MÉTODO	CORTA	DESEMBOSQUE	ASTILLADO
2_Majadas	1FC	Manual orientado	Desembosque intermedio trozas y copas con arriería. Desembosque hasta parque de astillado con tractor autocargador	Astillado en parque de astillado con astilladora móvil arrastrada/remolcada
3_Majadas	2FC			
	3FC		Desembosque hasta parque de astillado con autocargador convencional	

Fuente. Elaboración propia

AC: Árbol completo **FC:** Fuste + copa

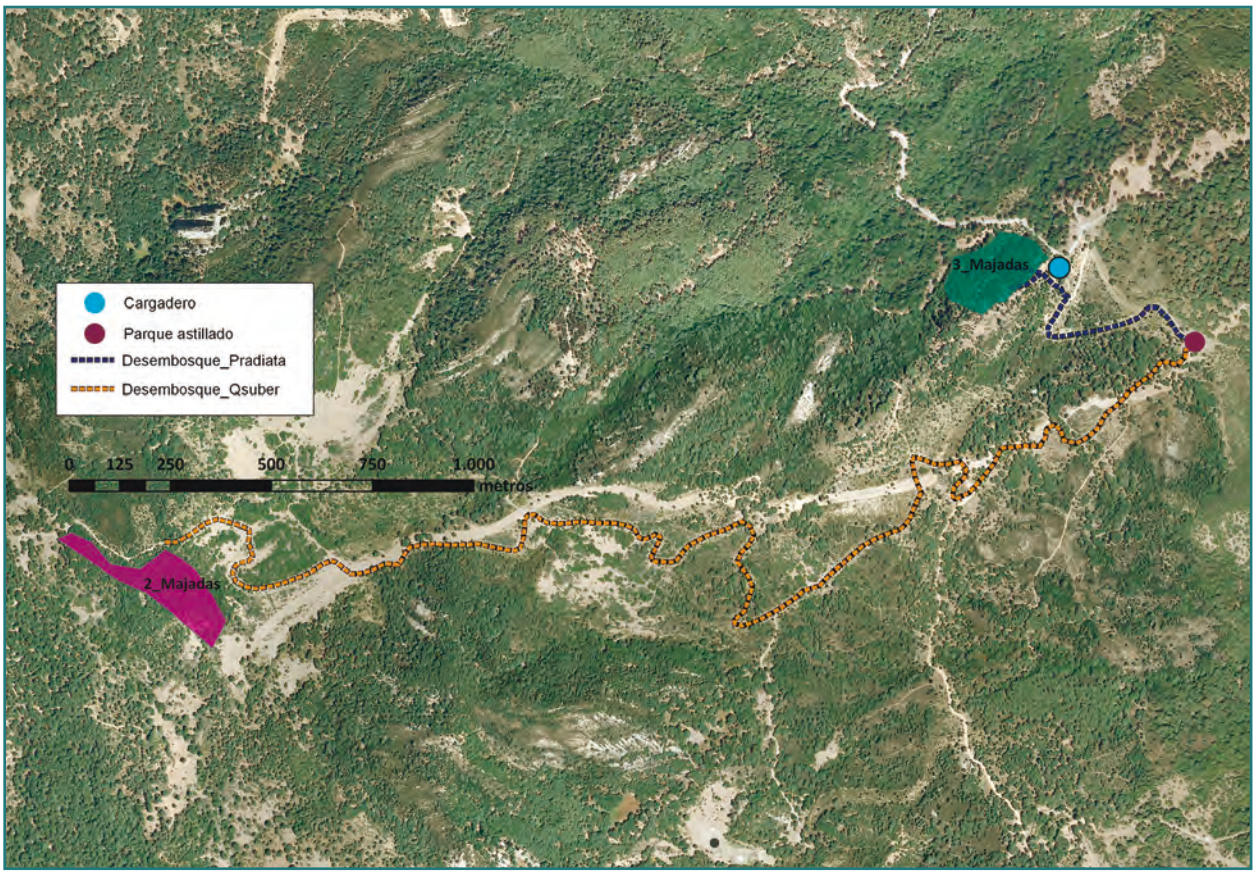


Figura 223. Localización del parque de astillado de Majadas y vía de desembosque desde las parcelas de trabajo

5.9.3. Resultados

5.9.3.1. Actualización de los datos de inventario

En la **Tabla 145** se muestra la densidad inicial (pies/ha) y el número de pies presentes en cada parcela previos a los trabajos.

Tabla 145. Datos de Inventario. Monte Las Majadas de Ronda y El Berrueco

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)	Dn MEDIO (cm)	PIES TOTALES
Málaga	Las Majadas de Ronda	2_Majadas	2,8	282	21,0	790
		3_Majadas	5,0	117	25,0	585

Fuente. Elaboración propia

Para clarificar los valores de rendimientos de manera que todos los resultados obtenidos puedan ser comparables, estos pesos secos están referidos a un porcentaje del 30% de humedad, como se muestra en la **Tabla 146** para la especie *Quercus suber* y en la **Tabla 147** para la especie *Pinus radiata*.

Tabla 146. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica. *Quercus suber*

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	2,0	1,2	3,1
2	7,5-12,5	12,9	6,9	19,8
3	12,5-17,5	28,9	28,1	56,9
4	17,5-22,5	57,6	62,9	120,5
5	22,5-27,5	97,1	118,8	215,9
6	27,5-32,5	147,3	199,7	347,0
7	32,5-37,5	208,3	310,3	518,6

Fuente. Montero, G. *et al.* (2006) "Producción de biomasa y fijación de $C0_2$ por los bosques españoles". INIA

Tabla 147. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica. *Pinus radiata*

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	3,6	1,6	5,2
2	7,5-12,5	22,9	7,0	29,9
3	12,5-17,5	65,5	16,5	82,0
4	17,5-22,5	137,5	30,0	167,6
5	22,5-27,5	243,6	48,2	291,9
6	27,5-32,5	387,7	71,9	459,6
7	32,5-37,5	573,2	101,1	674,3

Fuente. Montero, G. *et al.* (2006) "Producción de biomasa y fijación de $C0_2$ por los bosques españoles". INIA

5.9.3.2. Criterio de corta y señalamiento

A partir de la información procedente del señalamiento, se ha obtenido una biomasa teórica extraída (**Tabla 148**) empleando el diámetro normal de cada árbol apeado de la parcela demostrativa y los valores modulares de la especie *Quercus suber y Pinus radiata* en España, para la ***parcela 2*** y ***3***, respectivamente, definidos en "Producción de biomasa y fijación de $C0_2$ por los bosques españoles" de Montero, G. *et al*. (2006). INIA.

Tabla 148. Datos de señalamiento. Monte Las Majadas de Ronda y El Berrueco

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)		% CORTA	PESO EXTRAÍDO[1]	
				INICIAL	FINAL		(kg/pie)	(t/ha)
Málaga	Las Majadas de Ronda	2_Majadas	2,8	282	226	20	194,8	11,0
		3_Majadas	5,0	117	117	100	291,9	34,2

Fuente. Elaboración propia

[1]Peso (en kg con un 30% de humedad)

5.9.3.3. Distribución de tiempos de la maquinaria

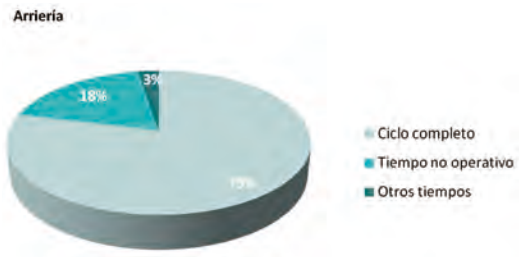
Se ha calculado el tiempo que invierte cada máquina en los procesos en los que interviene con la finalidad de obtener el tiempo operativo real y el porcentaje que dedica a cada operación.

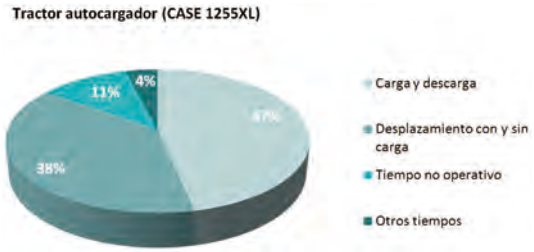
5.9.3.3.1. Parcela 2

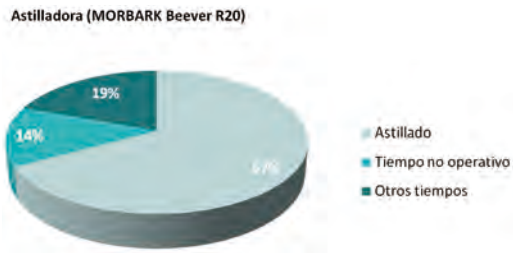
Tabla 149. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Las Majadas de Ronda y El Berrueco

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
2_Majadas	Arriería	451	**Ciclo completo**	**26,8**	**56**
			Tiempo no operativo	**11,9**	**25**
			Otros tiempos	**8,9**	**19**
			Total	**47,7**	**100**
	Tractor Autocargador (CASE 1255XL)	61	**Ciclo completo**	**14,4**	**86**
			Carga y descarga	8,4	50
			Desplazamiento con y sin carga	6,0	36
			Tiempo no operativo	**1,6**	**9**
			Otros tiempos	**0,8**	**5**
			Total	**16,8**	**100**
	Astilladora móvil arrastrada (MORBARK Beever R20)	212	**Astillado**	**33,8**	**60**
			Tiempo no operativo	**7,6**	**13**
			Otros tiempos	**15,3**	**27**
			Total	**56,7**	**100**

Fuente. Elaboración propia







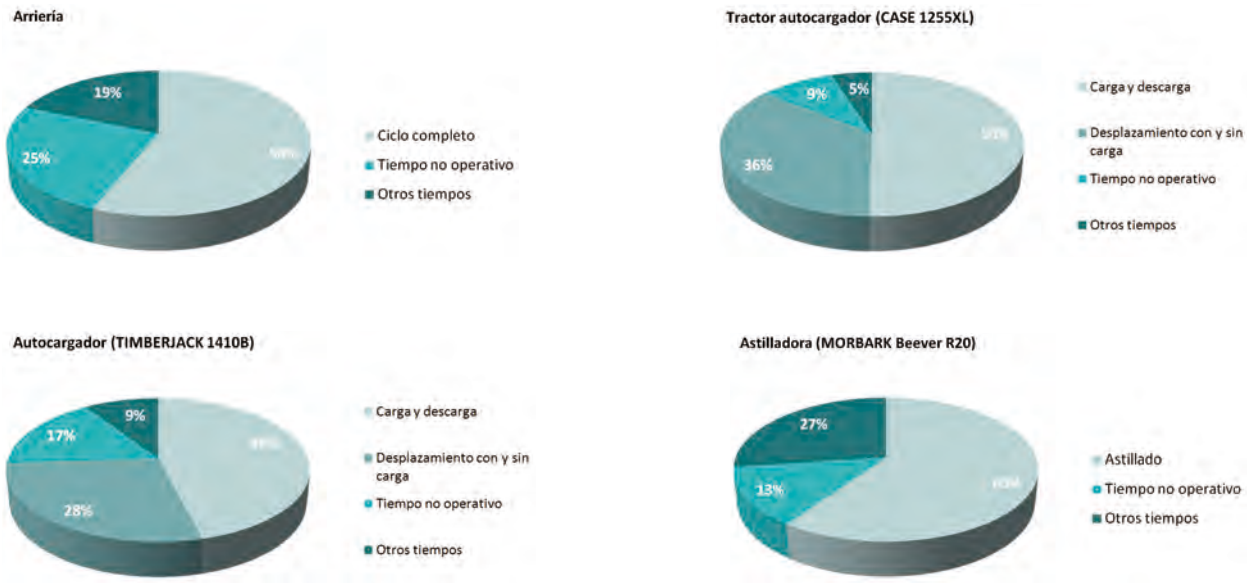
Figuras 224, 225 y 226. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 2_Majadas

5.9.3.3.2. Parcela 3

Tabla 150. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Las Majadas de Ronda y El Berrueco

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
3_Majadas	Arriería	451	**Ciclo completo**	**26,8**	**56**
			Tiempo no operativo	**11,9**	**25**
			Otros tiempos	**8,9**	**19**
			Total	**47,7**	**100**
	Tractor Autocargador (CASE 1255XL)	61	**Ciclo completo**	**14,4**	**86**
			Carga y descarga	8,4	50
			Desplazamiento con y sin carga	6,0	36
			Tiempo no operativo	**1,6**	**9**
			Otros tiempos	**0,8**	**5**
			Total	**16,8**	**100**
	Autocargador (TIMBERJACK 1410B)	256	**Ciclo completo**	**38,5**	**74**
			Carga y descarga	23,9	46
			Desplazamiento con y sin carga	14,6	28
			Tiempo no operativo	**8,8**	**17**
			Otros tiempos	**4,8**	**9**
			Total	**52,0**	**100**
	Astilladora móvil arrastrada (MORBARK Beever R20)	212	**Astillado**	**33,8**	**60**
			Tiempo no operativo	**7,6**	**13**
			Otros tiempos	**15,3**	**27**
			Total	**56,7**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 227, 228, 229 y 230. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 3_Majadas

5.9.3.4. Apeo

En la **Tabla 151** se presentan los resultados de los rendimientos horarios y los costes asociados a los trabajos de apeo. En estos rendimientos se incluyen las labores de apeo, tronzado y, en caso de que haya sido necesario, el desramado.

Tabla 151. Datos de apeo manual. Monte Las Majadas de Ronda y El Berrueco

PARCELA	MAQUINARIA	Dn (cm)	PESO (kg)	RENDIMIENTO		COSTE	
				(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
2_Majadas	Motosierra (STIHL 026)	21,0	194,8	21	4,0	63	6
3_Majadas	Motosierra (STIHL 026)	20,4	235,8	15	4,5	175	5

Fuente. Elaboración propia

5.9.3.5. Desembosque

En la **Tabla 152** se muestran los resultados de distancias medias recorridas por la maquinaria, el rendimiento medio obtenido (t/h) y el coste por hectárea y tonelada, así como la pendiente media de trabajo en los trabajos de desembosque.

Tabla 152. Resultados de los datos de desembosque. Monte Las Majadas de Ronda y El Berrueco

PARCELA	MÁQUINA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO (t/h)			COSTE MEDIO	
				MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
2_Majadas	Tractor Autocargador (CASE 1255XL)	700-5.045	0-15	2,5	1,4	4,3	418	38
3_Majadas	Tractor Autocargador (CASE 1255XL)	700-900	0-30	3,8	4,8	2,9	878	26
	Autocargador (TIMBERJACK 1410B)	200-450	0-40	9,1	5,4	14,3	362	11
		700-1.425		6,8	5,6	8,1	485	14

Fuente. Elaboración propia

En la ***parcela 2***, el trabajo del tractor autocargador se ha realizado siempre en condiciones de pedregosidad y de afloramientos rocosos. En la siguiente gráfica se observa la tendencia que sigue el rendimiento (t/h) en función de la distancia de desembosque (m).

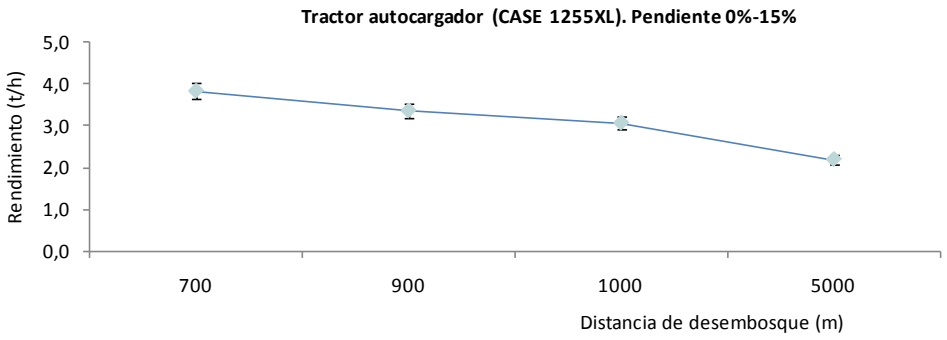


Figura 231. Variación del rendimiento (t/h), autocargador (CASE 1255XL), parcela 2_Majadas

Por su parte, en la ***parcela 3***, para el autocargador (TIMBERJACK 1410B) ha sido posible analizar la variación del rendimiento en función de las condiciones de trabajo. La maquinaria siempre ha trabajado en condiciones de pedregosidad y afloramientos rocosos, pero los rendimientos se han visto disminuidos cuando los trabajos se han realizado con barro.

En la **Figura 232** se muestran los rendimientos encontrados para el citado autocargador. En la gráfica se observa la influencia de la distancia de desembosque, de la pendiente y del barro en los rendimientos. El cargadero A se encuentra limítrofe a la parcela, lo que supone una distancia máxima de transporte de 450 metros, mientras que el cargadero B se localiza a unos 800 metros, viéndose disminuido el rendimiento hasta en un 40%.

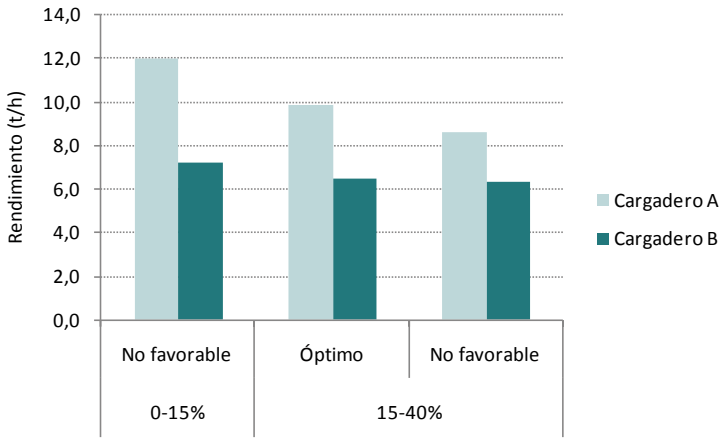


Figura 232. Variación del rendimiento (t/h), autocargador (TIMBERJACK 1410B)

A continuación se exponen los rendimientos de la maquinaria empleada en el desembosque según condiciones de trabajo.

Tabla 153. Rendimiento (t/h) en función de la distancia de desembosque (m) y la pendiente. Monte Las Majadas de Ronda y El Berrueco

PARCELA	MÁQUINA	CONDICIONES	DISTANCIA MEDIA (m)	PENDIENTE MEDIA (%)	DISTANCIA (m)	RENDIMIENTO (t/h)			Nº CICLOS
						MED	MIN	MAX	
2_Majadas	Tractor Autocargador (CASE 1255XL)	No favorable	3.830	0-15	700-1.000	7,1	6,4	8,0	8
					5.000-5.070	4,6	4,5	4,7	20
3_Majadas	Tractor Autocargador (CASE 1255XL)	No favorable	827	0-30	700-900	3,8	4,8	2,9	11
	Autocargador (TIMBERJACK 1410TB) Cargadero A	No favorable	200	0-15	200	12,0	-	-	1
		Óptimo	325	15-40	200-500	9,9	4,1	14,3	4
		No favorable	244		30-450	8,7	4,5	14,6	17
	Autocargador (TIMBERJACK 1410TB) Cargadero B	No favorable	953	0-15	700-1.425	7,4	5,6	9,3	8
		Óptimo	1.000	15-40	1.000	6,5	5,8	7,3	2
		No favorable	900		900	6,4	4,7	7,9	3

Fuente. Elaboración propia

[1] **D:** distancia de desembosque (m)

5.9.3.6. Astillado

En la **Tabla 154** se presentan los resultados obtenidos para el astillado: el rendimiento medio (t/h) y coste por hectárea y tonelada.

Tabla 154. Rendimiento (pies/h, t/h) en las operaciones de astillado. Monte Las Majadas de Ronda y El Berrueco

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE	
			(€/ha)	(€/t)
2_Majadas	Astilladora móvil remolcada (MORBARK Beever R20)	7,4	152	14
3_Majadas		10,0	349	10

Fuente. Elaboración propia



5.9.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos

En la **Tabla 155** se presenta un resumen de todos los datos mostrados con anterioridad, de tal manera, que se puedan obtener resultados sintetizados para cada uno de los procedimientos.

Tabla 155. Rendimiento (t/h) y costes de extracción aprovechamiento biomasa forestal. Monte Las Majadas de Ronda y El Berrueco

PARCELA	MÉTODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
2_Majadas	1FC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,0	6	93
		Desembosque intermedio	Arriería	0,6	36	
		Desembosque	Tractor Autocargador (CASE 1255XL)	2,5	38	
		Astillado	Astilladora móvil remolcada (MORBARK Beever R20)	7,4	14	
3_Majadas	2FC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,5	5	62
		Desembosque intermedio	Arriería	1,0	21	
		Desembosque	Tractor autocargador (CASE 1255XL)	3,8	26	
		Astillado	Astilladora móvil remolcada (MORBARK Beever R20)	10,0	10	
	3FC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,5	5	26
		Desembosque hasta A	Autocargador (TIMBERJACK)	9,1	11	
		Astillado	Astilladora móvil remolcada (MORBARK Beever R20)	10,0	10	
	4FC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,5	5	30
		Desembosque hasta B	Autocargador (TIMBERJACK)	6,8	14	
		Astillado	Astilladora móvil remolcada (MORBARK Beever R20)	10,0	10	

Fuente. Elaboración propia **FC:** Fuste (o trozas)+copa

A la vista de la tabla se deduce que el desembosque intermedio por medio de caballerías encarece bastante el proceso de extracción de la biomasa del monte; es el caso de los métodos 1FC y 2FC. Desde las primeras operaciones de apeo, los operarios tienen que tronzar los árboles siguiendo criterios para la saca con animales y que a veces no coinciden con los criterios que faciliten el posterior transporte o astillado. Por ejemplo, en la ***parcela 3***, para la saca de los pies de pino radiata por medio de animales de tiro ha sido necesario tronzar estos en 4 o 5 trozas, cuando lo normal son 2 trozas (fuste y copa). Esto ha aumentado el tiempo dedicado a actividades como el enganche y desenganche de las trozas en el desembosque o el tiempo dedicado a la alimentación de la astilladora, lo que supone una clara disminución de rendimientos.

En la ***parcela 2*** un aspecto determinante ha sido la influencia de la distancia de desembosque, con valores cercanos a los 5.000 metros, lo que ha condicionado notablemente los costes finales. Se puede comprobar que la variación del rendimiento (t/h) para el mismo tractor autocargador entre las ***parcelas 2*** y ***3***, puede llegar a suponer una diferencia de 12€/t. Otro inconveniente observado en esta parcela son las características de los pies, ya que al tratarse de pies adultos con copas formadas y bastante abiertas (aunque se hayan tronzado) suponen una merma en los rendimientos. Se observa que en la operación de transporte (desembosque a parque de astillado) el coeficiente de apilado ha sido inferior al esperado, incrementando así el número de viajes y, por lo tanto, disminuyendo el rendimiento.

En la ***parcela 3*** además se ha estudiado la influencia de la distancia de desembosque en el rendimiento del autocargador. Aunque la parcela en principio presentaba algunos condicionantes que podrían ser limitantes (pendiente), al realizar una corta a hecho se ha optimizado la movilidad de la maquinaria, buscando los puntos más accesibles para llegar a todos los lugares y poder mecanizar completamente la parcela, de manera que en general los rendimientos del autocargador han sido más que aceptables.

Como conclusiones a los trabajos realizados en este monte, cabe indicar que:

- Las operaciones de apeo manual en ambas parcelas, se consideran muy aconsejables. En la ***parcela 2*** el criterio de corta ha sido de un 20%, lo que imposibilita la mecanización del apeo, así como dificulta el posterior tránsito de la maquinaria por el interior de la parcela (no teniendo otras limitaciones). Por lo tanto el desembosque debe realizarse mediante animales de tiro, previo tronzado de los pies.

  Por su parte, en la ***parcela 3***, la pendiente y la presencia de pedregosidad también han impedido el uso de maquinaria en el apeo.

- En las operaciones de desembosque es recomendable suprimir el desembosque intermedio de largo recorrido, habilitando un parque de astillado limítrofe o a una distancia de desembosque aceptable, de manera que se realice el transporte hasta el parque de astillado con autocargador. Se recomienda la utilización del autocargador frente al tractor autocargador por presentar unas mejores prestaciones en distancias cortas. En principio, la opción de un autocargador compresor para este tipo de pies con copas formadas y abiertas resultaría ventajoso ya que el coeficiente de apilado mejoraría, evitando el aumento del número de viajes.

- En las operaciones de desembosque de la ***parcela 3***, no ha sido eficiente comparativamente la utilización del tractor autocargador, ya que tiene un rendimiento bajo en comparación con el autocargador. Además, este último presenta una mayor versatilidad en cuanto a condiciones técnicas y de seguridad.

  En las operaciones de astillado de este monte, no hay alternativa a la opción planteada, considerándose correcta la utilizada. No obstante, el astillado “in situ” en la ***parcela 2*** y el posterior traslado de la astilla hasta el parque mediante tractor neumático o contenedor hubiese mejorado los rendimientos posiblemente.



5.10. Málaga: Sierra Blanca y Bermeja

5.10.1. Localización: Área de actuación

Este monte se dividía, en un periodo anterior a la aprobación del Proyecto de Ordenación redactado en 1967, en dos montes distintos, si bien eran colindantes y ambos estaban situados en el término municipal de Igualeja.



Figura 233. Croquis de situación

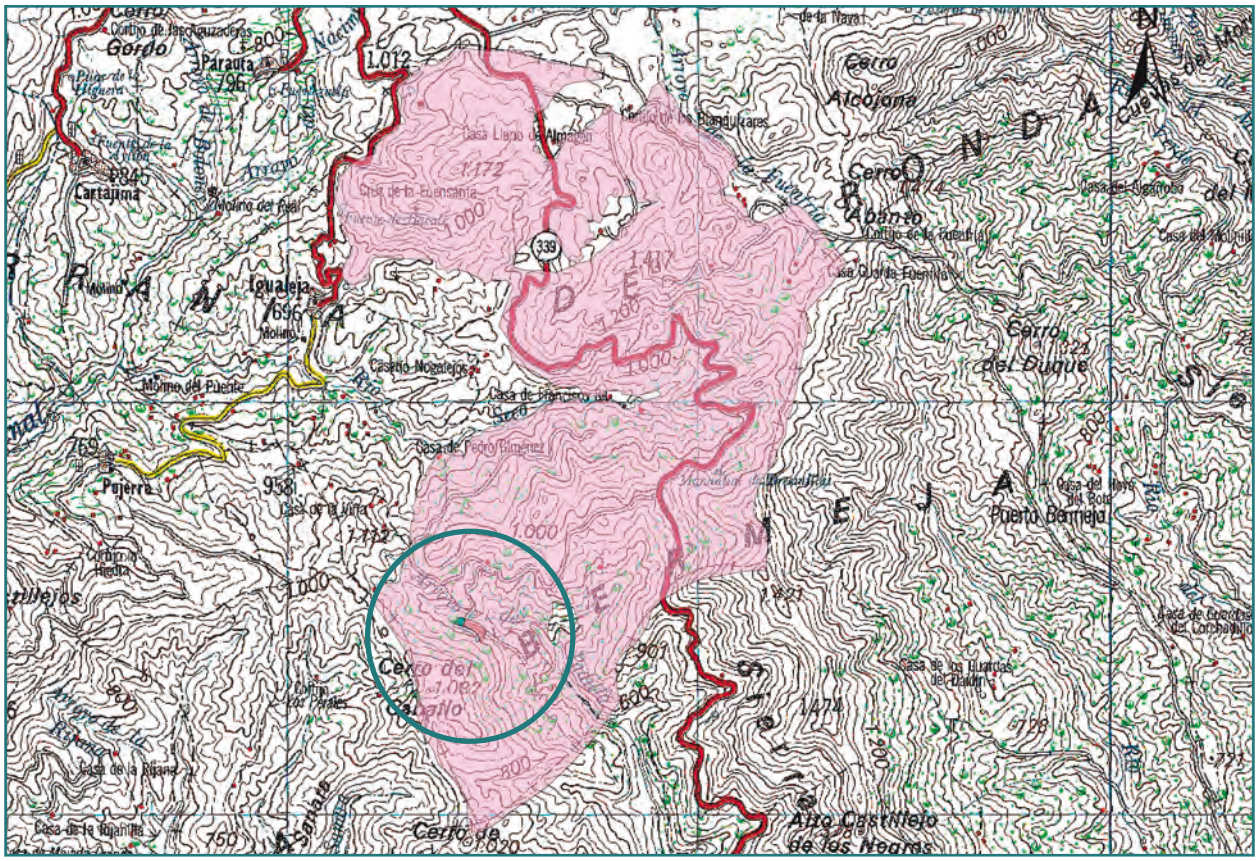


Figura 234. Monte de Sierra Blanca y Bermeja

El primero de ellos, “Sierra Bermeja”, figuraba en el Catálogo de Utilidad Pública, confeccionado en 1862 en Málaga, con el número 66, habiéndose aprobado su deslinde de forma reglamentaria en 11 de Marzo de 1892. El segundo, “Sierra Blanca”, no figuraba en el Catálogo de Utilidad Pública, aunque fue inscrito en el Registro de la Propiedad en 21 de Febrero de 1874. Posteriormente, fue asignada la misma pertenencia (en ambos montes) en el deslinde aprobado en forma reglamentaria en 13 de Mayo de 1892.

El monte “Sierra Blanca y Bermeja” (MA-50012-AY) está situado al Suroeste de la provincia de Málaga, en los macizos denominados “Sierra Blanca” y “Sierra Bermeja”, que forman parte de la comarca y nudo orográfico denominado Serranía de Ronda de la que constituyen su estribación Suroeste.

La topografía es bastante compleja. Partiendo del punto de colindancia de los términos municipales de Parauta y Benahavis con la zona Noreste del monte situada en una divisoria principal, de afilada cumbre, se desciende en dirección sensiblemente Sur siguiendo la linde de Benahavís, en unos 4,5 km, conservando una altitud media de 1.270 m. Desde la cota 1.380 m, comienza a descender dicha divisoria, siguiendo la misma linde, hasta el cauce del río “Guadalmina”. Este último tramo de la divisoria tiene unos 4 km de longitud.

El clima es Mediterráneo (piso mesomediterráneo) con una precipitación media anual de 1.214 mm (ombroclima húmedo) y una temperatura media anual de 13,3 ºC; existe un mes con riesgo de helada segura; la vegetación no detiene su crecimiento durante todo el año, disminuyendo en los meses secos: junio, julio, agosto, y septiembre.

Según la clasificación de Rivas Martínez, la vegetación potencial de este monte entraría en su mayoría dentro de la serie mesomediterránea bética, marianense y araceno-pacense basófila de *Quercus ilex subsp. ballota* o encina (*Paeonio coriaceae-Querceto canariensis sigmetum*), dentro de la faciación termófila bética con *Pistacea lentiscus* (24e).

Y parte en la serie meso-termomediterránea gaditana y bética húmedo-hiperhúmeda de *Quercus suber* o alcornoque. (*Teucrio baetici-Querceto suberis sigmetum*), faciación típica mesomediterránea (23d). También es posible identificar la Serie Supra-mesomediterránea rondeña calcícola del pinsapo (*Abies pinsapo*), *Paeonio broteroi-Abieteto pinsapi sigmetum*. (20 b), la serie supramediterránea bética basófila de la encina (*Quercus rotundifolia*). *Berberidi hispanicae-Querceto rotundifoliae sigmetum* (24 f), y la serie termomediterránea gaditano-onubense-algarviense y marianico-monchiquense subhúmeda silicícola del alcornoque (*Quercus suber*). *Oleo-Querceto suberis sigmetum*. (26a).

En cuanto a la distribución de las especies de vegetación, el monte “Sierra Blanca y Bermeja” está constituido por masas puras de *Pinus pinaster* (64%) y por *Quercus ilex subsp. Ballota* (34%), aunque existen entre la masa de pinar pies de alcornoque, encina o quejigo y entre la de encina pies de quejigo, pino negral, sabinas e incluso algún pie de pinsapo, siempre sin superar el 10% de la masa arbolada.

El presente monte se encuentra gestionado por la “PRIMERA REVISIÓN Y SEGUNDO PLAN ESPECIAL DEL PROYECTO DE ORDENACIÓN DEL MONTE “SIERRA BLANCA Y BERMEJA” (MA-50012-CCAY) EN LA PROVINCIA DE MÁLAGA”, aprobado en 2003 y con un periodo de vigencia de 10 años. Las cortas de la masa persiguen los dos objetivos principales asignados a este monte: uso protector y uso productor.

Se ha seleccionado un rodal de pino negral ubicado en el corazón de esta sierra y sobre un terreno muy abrupto porque es interesante estudiar los costes de extracción de biomasa de *Pinus pinaster* en estas sierras tan complejas de trabajar pero con una alta concentración de residuos.

La parcela objeto del estudio se encuentra dentro del canton 2-B-I-13, donde en los diez últimos años se han llevado a cabo desbroces, podas y clareos en la masa de pinar, así como fajas auxiliares en las dos pistas forestales que lo atraviesan. En esta masa de pinar es necesario llevar a cabo claras y clareos, ya que en algunas zonas es excesivamente densa. Además, es conveniente realizar podas, y en algunas partes, desbroce. Sólo quedan fuera de dichas actuaciones aquellos pies situados en zonas muy rocosas, junto a arroyos y con peligro de erosión, en los que no se han intervenido.

En la **Tabla 156** se realiza un resumen de las características generales de la parcela y a continuación una breve descripción de la misma.

Tabla 156. Caracterización de la parcela. Monte Sierra Blanca y Bermeja

MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	PENDIENTE (%)	PEDREGOSIDAD (%)
Sierra Blanca y Bermeja	01_ Sierra Blanca y Bermeja	5,78	*Pinus pinaster*	>50	Elevada

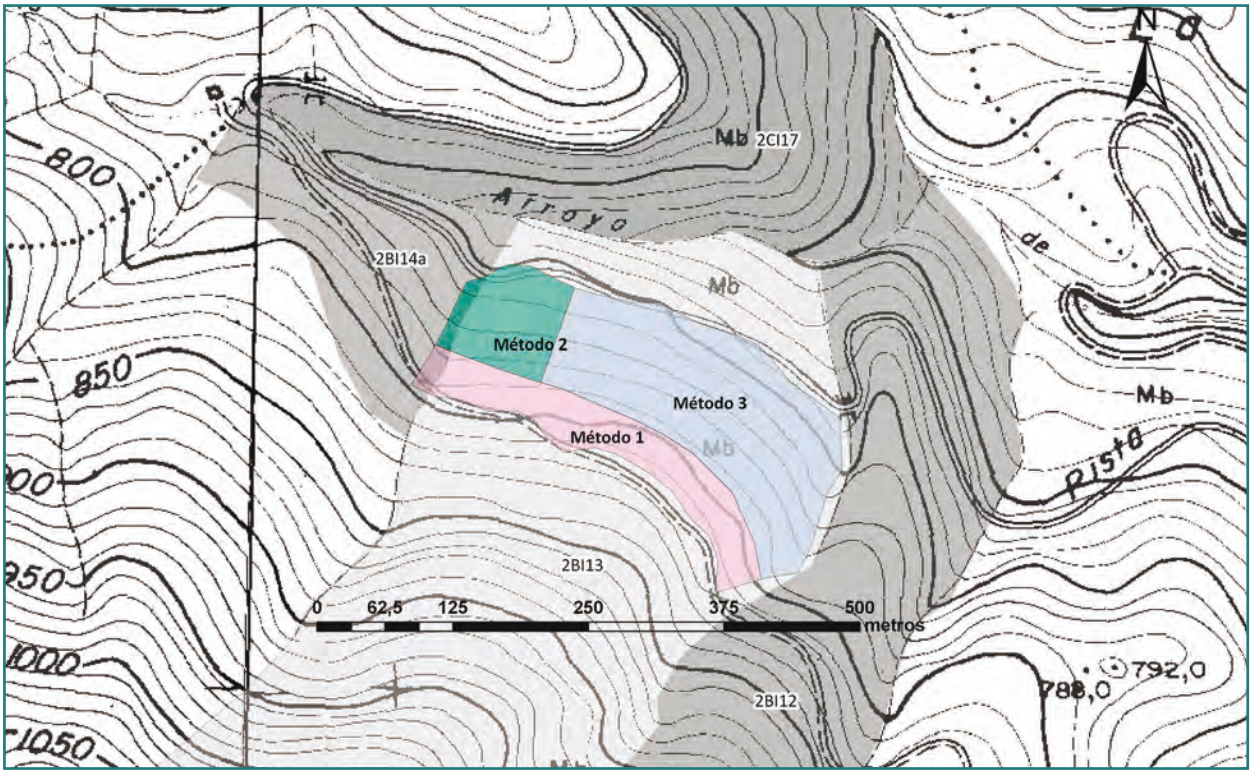


Figura 235. Plano parcela en el monte Sierra Blanca y Bermeja

La parcela cuenta con una superficie de 5,78 ha, con pendiente muy pronunciada (la media por encima del 50%) y con orientación NNE. De acuerdo con el Proyecto de Ordenación se trata de una masa de pino negral (*Pinus pinaster)* muy densa, con valores que rondan los 1.395 pies/ha y en el que la mayor parte de los pies se encuentran principalmente dentro de la clase diamétrica de 12-20 cm. El suelo es algo pedregoso y con afloramientos rocosos.

El parque intermedio se encuentra a una distancia de 334 metros y el parque de astillado a una distancia de 3.882 metros del anterior.

5.10.2. Metodología: Procedimientos

5.10.2.1. Apeo

Aunque el proyecto inicial establece una intensidad de corta del 41%, tras el señalamiento este porcentaje aumentó hasta el 54%. En la ejecución de los trabajos este porcentaje se ve de nuevo incrementado debido principalmente a la dificultad de realizar los trabajos de saca por la pendiente y pedregosidad de la zona de actuación. Esto implicó la realización de nuevas vías de saca y raspaderos, que no estaban contemplados en un principio, llegando por lo tanto a una intensidad de corta final del 70% de la masa.

El apeo se realizó con motosierra (STIHL 026). La elevada densidad de la masa ha dificultado el apeo de los pies, ya que en el proceso de corta estos quedaban constantemente enganchados con otros pies, hecho que además se veía favorecido por el pequeño porte de los pies.

5.10.2.2. Desembosque

En esta parcela demostrativa se establecen tres metodologías de desembosque con el objeto de poder compararlas. La primera de ellas se ha llevado a cabo en una franja de la parcela delimitada por el camino del sur y a una distancia aproximada hacia el interior de la parcela de 50 metros, abarcando una superficie de 1,52 ha. La segunda metodología ha ocupado una superficie de 0,88 ha, y la tercera una superficie de 3,37 ha. Esta distribución de superficies se muestra en la **Figura 236**.

Al asentarse sobre un terreno muy abrupto y con elevadas pendientes los trabajos de extracción se ven dificultados, por lo que se han apoyado sobre caminos (uno al norte y otro al sur) con la intención de facilitar la saca de árboles completos mediante un sistema de arrastre por cableado, ya sea de manera ascendente o descendente.

De forma general, los árboles completos han sido extraídos mediante arrastre a pie de camino. Desde aquí se ha procedido al traslado con la ayuda de un camión 6 x6 o autocargador a parque intermedio de madera o al parque de astillado, según la metodología.

En la ***metodología 1***, el desembosque de árbol completo se realiza en tres fases. En la primera de ellas se desembosca a camino con skidder con cable (TECFORM 500Z) apoyado en camino.

En la segunda fase, los árboles completos se transportan del camino al parque intermedio mediante autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B) y en la tercera fase se transportan del parque intermedio al parque de astillado mediante camión 6x6 (MERCEDES 350).

En la ***metodología 2***, el desembosque de árbol completo se desarrolla en dos fases. En la primera se desemboca a camino mediante skidder con cable (TECFORM 500Z) y tractor oruga (NEW HOLLAND TK100) apoyados en vías de saca. Se utilizan estas dos máquinas con el objeto de poder comparar sus rendimientos y operatividad. En la segunda fase, se desemboscan los árboles completos del camino al parque de astillado mediante camión 6x6 (MERCEDES 350). El skidder ha trabajado sobre un 92% de la superficie y el tractor oruga sobre un 8%.

Durante el desarrollo de los trabajos en esta segunda metodología se observó que el tractor oruga (NEW HOLLAND TK100) no tenía un buen rendimiento, por lo que se dejó de utilizar. Esta decisión da lugar a la ***metodología 3***, cuya única diferencia con la metodología 2 es la utilización del skidder con cable (TECFORM 500Z) para el desembosque a camino.

Las principales dificultades encontradas en los trabajos han sido la pendiente y la pedregosidad que hacían muy difícil el acceso de la maquinaria a la zona de trabajo. Por ello, ha sido necesaria la apertura de dos vías de saca (jorros) que se han apoyado en los dos caminos que circundan la parcela para establecer una red de vías de saca suficiente.

5.10.2.3. Astillado

La reducción de volumen de la biomasa se ha realizado en parque de astillado. Para el astillado se ha empleado la astilladora (MORBARK BEEVER R20), de 400CV, alimentada y remolcada por una retroexcavadora hidráulica con pinza (FIAT Hitachi FH200). La astilladora citada vierte la astilla directamente sobre el terreno almacenándose en pilas a la espera de la retirada y comercialización del material.

El resultado del astillado ha sido por tanto un montón de gran tamaño, conformado por una astilla heterogénea, sin presencia de acículas ni ramilletes y con poca humedad. El material ha estado acopiado varios meses, perdiendo humedad en el transcurso del acopio

A continuación se presenta una tabla resumen de las actuaciones y un plano en el que se aprecia la superficie que abarca cada metodología y la ubicación del parque intermedio y del parque de astillado.

Tabla 157. Resumen de actuaciones. Monte Sierra Blanca y Bermeja

PARCELA	METODOLOGÍA	CORTA	EXTRACCIÓN DE RESIDUOS	ASTILLADO
01_Sierra Blanca y Bermeja	1	Manual orientado hacia la calle	Desembosque mediante skidder con cable apoyado en camino. Transporte a parque intermedio con autocargador. Transporte a parque de astillado con camión	Astillado de árbol completo en parque de astillado con la astilladora sobre chasis de ruedas, remolcada y alimentada con giratoria
01_Sierra Blanca y Bermeja	2	Manual orientado hacia la calle	Desembosque mediante skidder con cable y tractor oruga apoyados en vías de saca. Transporte a parque de astillado con camión	Astillado de árbol completo en parque de astillado con la astilladora sobre chasis de ruedas, remolcada y alimentada con giratoria
	3	Manual orientado hacia la calle	Desembosque a camino con cableado mediante skidder con cable apoyado en vías de saca, transporte a parque de astillado mediante camión	

Fuente. Elaboración propia

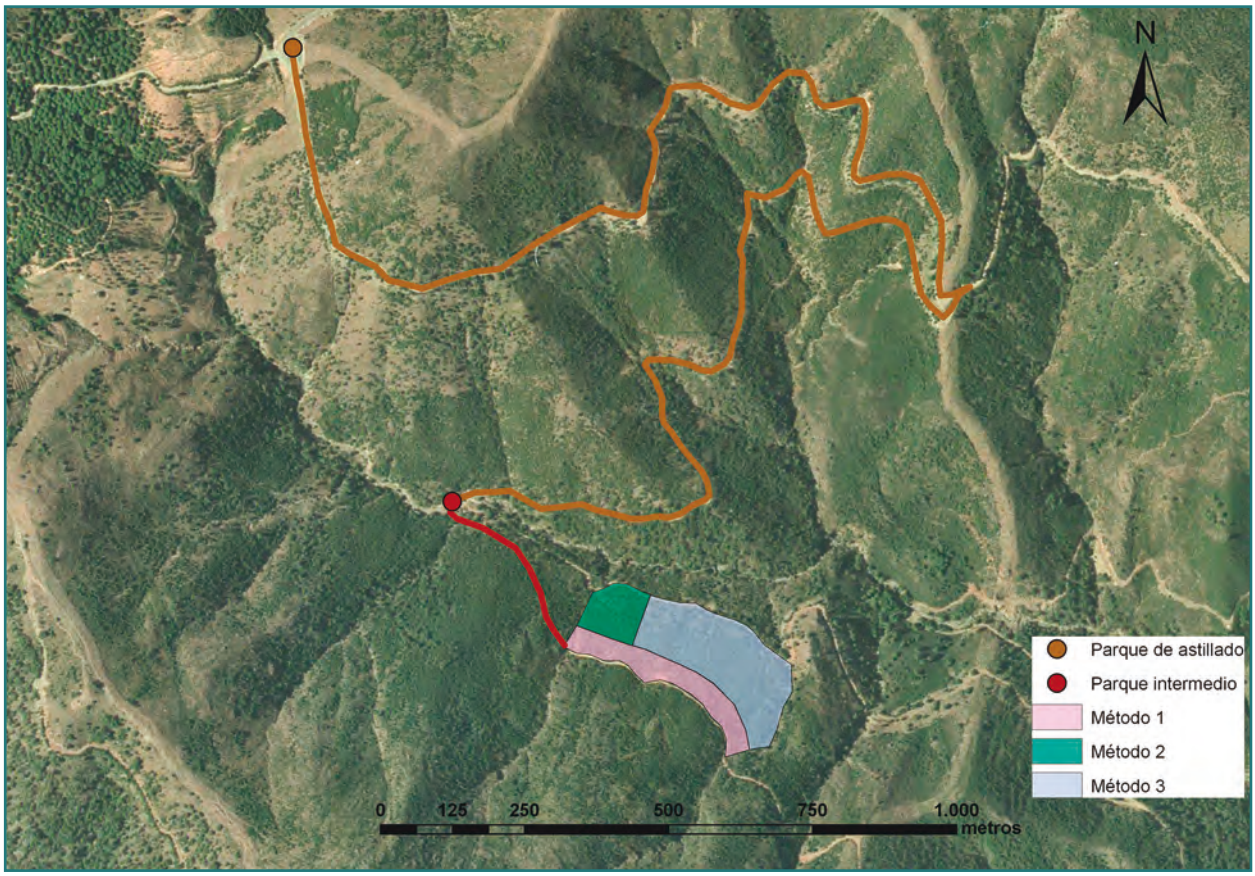


Figura 236. Plano metodologías, Monte Sierra Blanca y Bermeja

5.10.3. Resultados

5.10.3.1. Actualización de los datos de inventario

En la **Tabla 158** se muestra la densidad inicial y el número de pies presentes en la parcela según los datos del inventario. En la **Tabla 159** figura la distribución de pies por clase diamétrica.

Tabla 158. Datos de Inventario. Monte Sierra Blanca y Bermeja

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DENSIDAD (pies/ha)	Dn MEDIO (cm)	PIES TOTALES
Málaga	Sierra Blanca y Bermeja	01_ Sierra Blanca y Bermeja	5,78	*Pinus pinaster*	1.394	16,3	8.061

Fuente. Elaboración propia

Tabla 159. Distribución de pies por clase diamétrica

Intervalo CD	CD	Nº PIES	% PIES	PIES/ha
12,5-17,5	15	5.991	74,32%	1.036
17,5-22,5	20	2.070	25,68%	358
TOTAL		**8.061**	**100%**	**1.394**

Fuente. Elaboración propia

Para que los resultados obtenidos puedan ser comparables, los pesos secos están referidos a un porcentaje del 30% de humedad. En la siguiente tabla se especifica para la especie *Pinus pinaster* el peso, por clase diamétrica, para cada fracción de biomasa.

Tabla 160. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica. Valores modulares

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	2,7	0,8	3,5
2	7,5-12,5	16,1	4,6	20,7
3	12,5-17,5	44,7	11,8	56,6
4	17,5-22,5	92,4	23,5	116,0
5	22,5-27,5	162,1	40,0	202,2
6	27,5-32,5	256,4	62,4	318,8
7	32,5-37,5	377,4	91,1	468,5
8	37,5-42,5	526,9	126,9	653,8
9	42,5-47,5	706,4	171,0	877,4
10	47,5-52,5	916,6	224,6	1.141,3
11	52,5-57,5	1.157,9	290,0	1.447,9
12	57,5-62,5	1.429,7	369,5	1.799,2
13	62,5-67,5	1.730,8	466,3	2.197,1
14	67,5-72,5	2.059,2	584,6	2.643,8

Fuente. Montero, G. *et al.* (2006) "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles". INIA.

5.10.3.2. Criterio de corta y señalamiento

Para la obtención de los datos de corta y biomasa se ha utilizado el señalamiento realizado para la parcela demostrativa. El destino del aprovechamiento en las tres metodologías ha sido íntegramente para biomasa. A partir de estos datos y de la información procedente del señalamiento, se ha obtenido una biomasa teórica extraída (**Tabla 161**) empleando el diámetro normal del árbol tipo de la parcela demostrativa y los valores modulares de la especie *Pinus pinaster* en España definidos en "Producción de biomasa y fijación de $C0_2$ por los bosques españoles" de Montero, G. *et al.* (2006). INIA.

Tabla 161. Datos de señalamiento. Monte Sierra Blanca y Bermeja

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)		% CORTA	PESO EXTRAÍDO[1]	
				INICIAL	FINAL		(kg/pie)	(t/ha)
Málaga	Sierra Blanca Bermeja	01_Sierra Blanca Bermeja	5,78	1.394	413	70	48,1	47,1

Fuente. Elaboración propia

[1]Peso con un 30% de humedad

5.10.3.3. Distribución de tiempos de la maquinaria

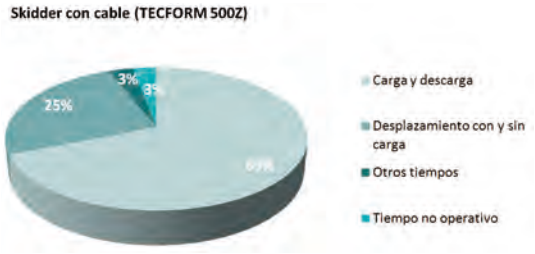
Se ha calculado el tiempo que invierte cada máquina en los procesos en los que interviene con la finalidad de obtener el tiempo operativo real y el porcentaje que dedica a cada operación.

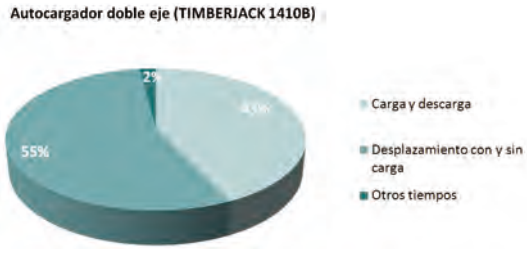
5.10.3.3.1. Metodología 1

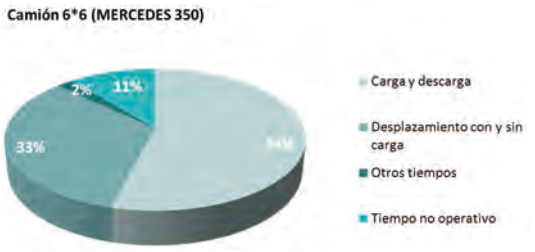
Tabla 162. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Sierra Blanca y Bermeja

PARCELA	METODOLOGÍA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
					Horas	%
01_Sierra Blanca y Bermeja	Metodología 1	Skidder con cable (TECFORM 500 Z)	1.095	**Ciclo completo**	**48,7**	**94**
				Carga y descarga	36,0	69
				Desplaz. con y sin carga	12,7	25
				Otros tiempos	**1,4**	**3**
				Tiempo no operativo	**1,8**	**3**
				Total	**51,8**	**100**
		Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	57	**Ciclo completo**	**9,3**	**98**
				Carga y Descarga	4,1	43
				Desplaz. con y sin carga	5,2	55
				Otros tiempos	**0,2**	**2**
				Total	**9,4**	**100**
		Camión 6x6 (MERCEDES 350)	68	**Ciclo completo**	**26,7**	**87**
				Carga y Descarga	16,6	54
				Desplaz. con y sin carga	10,1	33
				Otros tiempos	**0,7**	**2**
				Tiempo no operativo	**3,4**	**11**
				Total	**30,7**	**100**

Fuente. Elaboración propia







Figuras 237, 238 y 239. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 01_Sierra Blanca y Bermeja

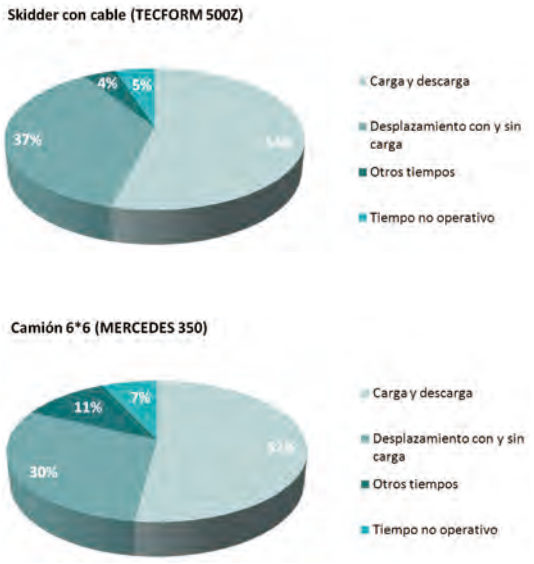
5.10.3.3.2. Metodología 2 y 3

Al tener las máquinas el mismo método de trabajo en ambas metodologías y ser la presencia o no del tractor oruga la única diferencia entre ambas, la distribución de tiempos y cálculo de rendimientos de la maquinaria se presenta de forma global.

Tabla 163. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Sierra Blanca y Bermeja

PARCELA	METODOLOGÍA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
					Horas	%
01_Sierra Blanca y Bermeja	Metodología 2 y 3	Skidder con cable (TECFORM 500 Z)	1.356	**Ciclo completo**	**121,5**	**91**
				Carga y Descarga	72,1	54
				Desplaz. con y sin carga	49,5	37
				Otros tiempos	**5,1**	**4**
				Tiempo no operativo	**6,7**	**5**
				Total	**133,3**	**100**
		Tractor oruga (NEW HOLLAND TK100)	242	**Ciclo completo**	**20,0**	**63**
				Carga y Descarga	13,1	41
				Desplaz. con y sin carga	6,9	21
				Otros tiempos	**9,0**	**28**
				Tiempo no operativo	**3,0**	**9**
				Total	**32,0**	**100**
		Camión 6x6 (MERCEDES 350)	302	**Ciclo completo**	**124,2**	**82**
				Carga y Descarga	79,4	52
				Desplaz. con y sin carga	44,8	30
				Otros tiempos	**16,2**	**11**
				Tiempo no operativo	**11,2**	**7**
				Total	**151,6**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 240, 241 y 242. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 01_Sierra Blanca y Bermeja

En cuanto al astillado, la distribución de tiempos por tipo de actividad se muestra en la **Tabla 164**. No se hace distinción entre las distintas metodologías, ya que el material se ha astillado de forma conjunta.

Tabla 164. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Sierra Blanca y Bermeja

PARCELA	METODOLOGÍA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
					Horas	%
01_Sierra Blanca y Bermeja	Metodologías 1,2 y 3	Astilladora (MORBARK F18 Urricane) alimentada	217	**Astillado**	**37,8**	**64**
				Otros tiempos	**3,7**	**6**
				Tiempo no operativo	**17,3**	**29**
				Total	**58,7**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figura 243. Distribución de tiempos astillado

5.10.3.4. Desembosque

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados obtenidos para la fase de desembosque. En ella se expone para cada una de las máquinas utilizadas, las distancias medias recorridas, el rendimiento medio obtenido (t/h) y el coste por hectárea y tonelada, así como la pendiente media de trabajo.

Tabla 165. Resultados de los datos de desembosque. Monte Sierra Blanca y Bermeja

METODOLOGÍA	MÁQUINA	DISTANCIA MEDIA (m)	PENDIENTE MEDIA (%)	RENDIMIENTO						COSTE MEDIO	
				(pies/h - est/h)			(t/h)				
				MED	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
Método 1	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	27	>50	35 pies/h	9 pies/h	100 pies/h	1,1	0,1	5,5	3.564	76
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	485	<12	43 est/h	32 est/h	51 est/h	5,3	3,1	8,2	863	18
	Camión 6*6 (MERCEDES 350)	4.117	10	15 est/h	12 est/h	18 est/h	1,9	1,5	2,3	1.627	35
Método 2 y 3	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	160	25-50	31 pies/h	5 pies/h	77 pies/h	1,5	0,1	7,3	2.625	56
	Tractor oruga (NEW HOLLAND TK100)	43	45	19 pies/h	6 pies/h	42 pies/h	0,9	0,3	2,0	3.256	69
	Camión 6*6 (MERCEDES 350)	4.504	10	14 est/h	7 est/h	20 est/h	1,7	0,9	2,6	1.764	37

Fuente. Elaboración propia

A la vista de la tabla se observa que el skidder en el método 1 presenta un rendimiento (t/h) ligeramente menor que en el método 2 y 3. En cualquier caso, se encuentra dentro de los rendimientos esperables para este tipo de maquinaria. En términos económicos la diferencia es apreciable, una diferencia de 20 €/t, es debido al método de trabajo. Así, en la ***metodología 1***, se realiza el cableado con el skidder apoyado en camino, siendo el operario el que tiene que realizar el arrastre del cable, con una distancia media de 25 metros. En cambio, en las ***metodologías 2 y 3***, el skidder se introduce dentro de la parcela a través de los raspaderos y las vías de saca, siendo por lo tanto la distancia de cableado mucho menor para el operario. La distancia que recorre el skidder es mayor en este segundo caso, sin embargo es más rápido que el operario y no se ve influenciado por la fatiga y por las horas de trabajo, no viendo mermado su rendimiento.

En el caso del tractor oruga se esperaba obtener un rendimiento similar al del skidder. Sin embargo al estar por debajo de lo esperado, se optó por cambiar de máquina. Los rendimientos se han visto condicionados por la pendiente, pues el skidder tiene mejores prestaciones frente al tractor oruga ante este factor limitante.

Con la elevada pendiente de la zona, el empleo de caballería para trabajos de reunión hubiese sido muy favorable. Sin embargo, la excesiva pedregosidad desaconsejó esta opción.

En cuanto al autocargador, el rendimiento obtenido para el transporte a parque intermedio ha sido bueno. En esta acción los factores limitantes no han influido nada en los rendimientos ya que el material estaba a borde de camino. La distancia media recorrida ha sido aproximadamente de unos 335 m.

El camión 6x6 tiene tanto en la metodología 1 como en la 2 y 3 unos rendimientos muy parecidos, ligeramente superiores en la primera. Esto es debido a que los pies se encuentran acopiados, por lo que en las operaciones de carga demandan más tiempo para desenganchar unos de otros. Se debe destacar que se trata de un vehículo lento en operaciones de carga y descarga, invirtiendo en las tres metodologías más de la mitad de su tiempo en esta operación (ver **Figuras 239** y **242**), aunque es rápido en sus desplazamientos.

Para cada tipo de maquinaria se ha obtenido un rendimiento medio en condiciones óptimas y bajo alguno de los factores limitantes.

En la **Tabla 166** se resume el rendimiento medio en situación óptima y no favorable. Se trabaja siempre en condiciones no favorables, siendo éstas provocadas en la metodología 1 por la presencia de pedregosidad y afloramientos rocosos en el caso del skidder y el camión 6x6, y al barro en el autocargador. En la metodología 2 y 3, las condiciones no favorables se deben a la pedregosidad, afloramientos rocosos, regenerado, barro y/o lluvia.

Tabla 166. Rendimiento medio según condiciones. Monte Sierra Blanca y Bermeja

METODOLOGÍA	MÁQUINA	Nº CICLOS	SITUACIÓN	TIEMPO (h)	Nº PIES-ESTÉREOS	RENDIMIENTO	
						(pies/h-est/h)	(t/h)
Método 1	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	268	Todos	48,0	1.592 pies	35 pies/h	1,1
			Óptimo	-	-	-	-
		268	No favorable	48,0	1.592 pies	35 pies/h	1,1
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	13	Todos	9,3	390 est	43 est/h	5,3
			Óptimo	-	-	-	-
		13	No favorable	9,3	390 est	43 est/h	5,3
	Camión 6x6 (MERCEDES 350)	15	Todos	26,7	391 est	15 est/h	1,9
			Óptimo	-	-	-	-
		15	No favorable	26,7	391 est	15 est/h	1,9
Método 2 y 3	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	333	Todos	121,5	3.482	31 pies/h	1,5
			Óptimo	-	-	-	-
		324	No favorable	118,4	3.403	31 pies/h	1,5
		197	Solo pedr. y aflor. roc.	82,5	2372	31 pies/h	1,3
		39	Efecto barro y regenerado	9,0	272	31 pies/h	1,5
		13	Efecto lluvia	2,7	84	32 pies/h	1,7
		15	Efecto barro	8,0	183	23 pies/h	1,1
		61	Efecto regenerado	16,3	499	32 pies/h	2,1
	Tractor oruga NEW HOLLAND TK100	57	Todos	20,0	354	19 pies/h	0,9
			Óptimo	-	-	-	
		51	No favorable	18,1	302	18 pies/h	0,9
		34	Efecto barro	12,0	184	17 pies/h	0,8
		17	Solo pedreg y aflor. roc	6,0	118	22 pies/h	1,0
	Camión 6x6 (MERCEDES 350)	63	Todos	124,2	1.640	14 est/h	1,7
			Óptimo	-	-	-	
		63	No favorable	124,2	1.640	14 est/h	1,7
		55	Solo pedreg. y aflor.roc.	108,3	1.430	14 est/h	1,7
		4	Solo barro	7,6	104	14 est/h	1,7
		4	Solo lluvia	8,3	106	13 est/h	1,6

Fuente: Elaboración propia

Puede observarse que el barro es el factor que más influye en el rendimiento en el caso del skidder y el tractor oruga. El camión 6x6 no se ve muy influenciado por los factores limitantes, puesto que para su trabajo se apoya en carril sin problemas de adherencia.

En las siguientes gráficas se puede observar como disminuye ligeramente el rendimiento (t/h) según aumenta la distancia de desembosque (m).

5.10.3.4.1. Metodología 1

En la ***metodología 1*** se ha obtenido un modelo que explica la distribución de los datos en el desembosque realizado por el skidder con cable (TECFORM 500Z), si bien no ha podido obtenerse del resto de maquinaria por el bajo número de ciclos en cada una de ellas.

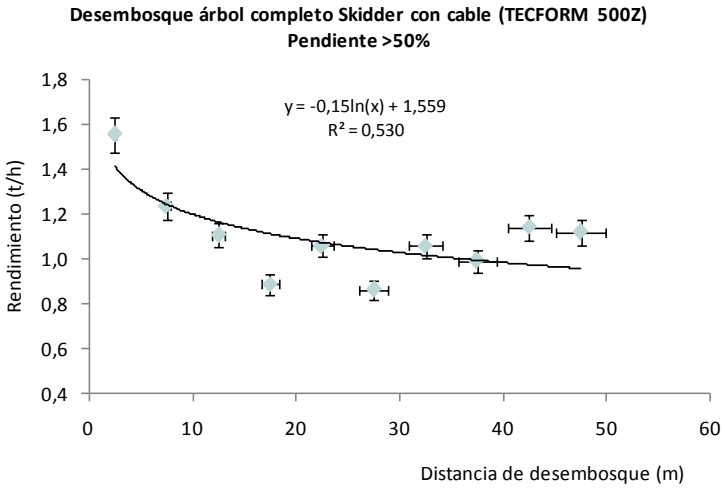


Figura 244. Gráfico de dispersión. Metodología 1. Sierra Blanca y Bermeja. n =10

5.10.3.4.2. Metodología 2 y 3

En la ***metodología 2 y 3*** se han obtenido modelos que explican la distribución de los datos en el desembosque realizado por el tractor oruga y por el camión 6x6.

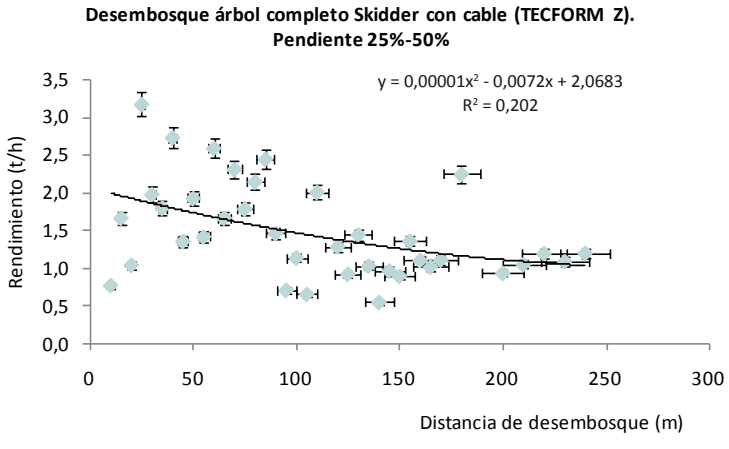


Figura 245. Gráficas de tendencia Skidder con cable (TECFORM 500Z).
Pte. 25%-50%
n = 38

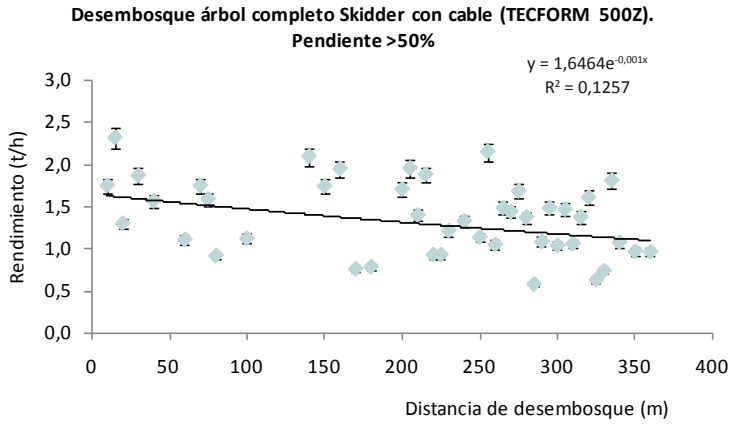


Figura 246. Gráficas de tendencia Skidder con cable (TECFORM 500Z).
Pte. > 50%
n = 44

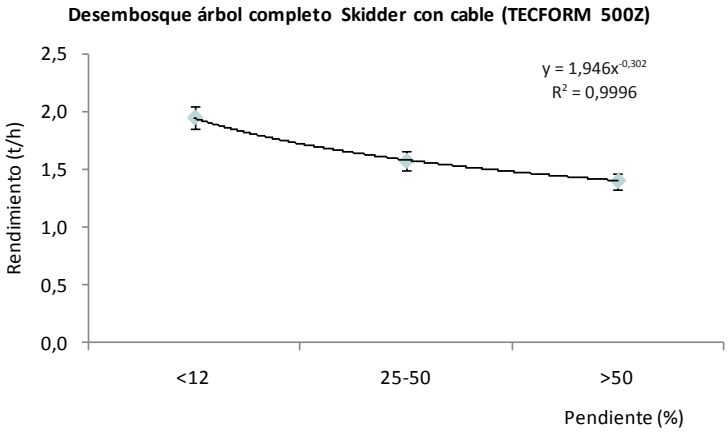


Figura 247. Gráficas de tendencia Skidder con cable (TECFORM 500Z).
n = 3

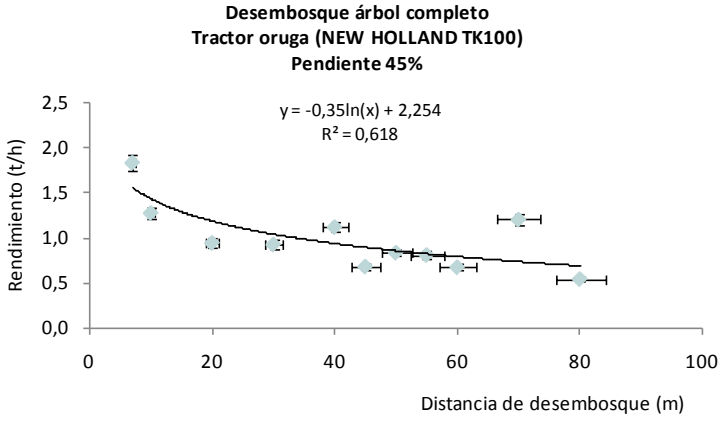


Figura 248. Gráfico de dispersión Tractor oruga (NEW HOLLAND TK100).
n = 11

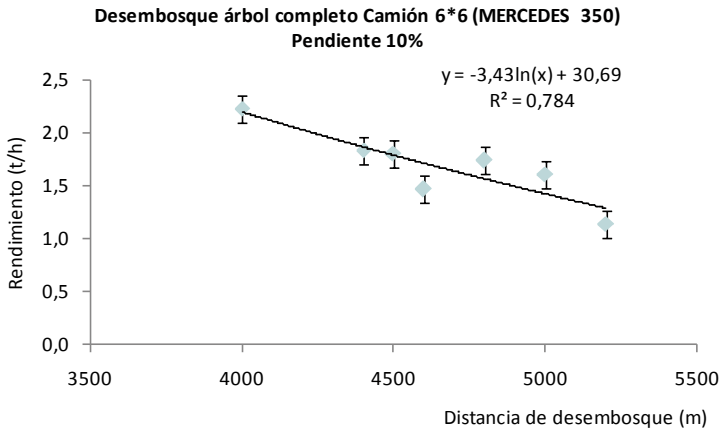


Figura 249. Gráfico de dispersión Camión 6x6 (MERCEDES 350).
n = 7

Tabla 167. Rendimiento (t/h) en función de la distancia de desembosque (m) y la pendiente. Monte Sierra Blanca y Bermeja

METODOLOGÍA	MÁQUINA	SITUACIÓN	DISTANCIA MEDIA (m)	PENDIENTE MEDIA (%)	DISTANCIA (m)	RENDIMIENTO (t/h)			Nº CICLOS	ECUACIÓN[1]	R^2
						MED	MIN	MAX			
Método 1	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	No favorable	27	>50	0 < d ≤ 05	1,6	0,3	4,9	26	Rendimiento (t/h) = -0,155ln(d) + 1,5596	0,5301
					05< d ≤ 10	1,2	0,2	3,9	34		
					10 < d ≤ 15	1,1	0,2	3,9	29		
					15 < d ≤ 20	0,9	0,3	2,2	27		
					20 < d ≤ 25	1,1	0,2	3,1	23		
					25< d ≤ 30	0,9	0,2	3,6	24		
					30 < d ≤ 35	1,1	0,1	5,5	21		
					35 < d ≤ 40	1,0	0,3	3,2	24		
					40 < d ≤ 45	1,1	0,2	3,1	25		
					45 < d ≤ 50	1,1	0,3	4,1	35		
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	No favorable	485	<12	380 ≤ d ≤ 620	5,3	3,1	8,2	13		
	Camión 6*6 (MERCEDES 350)	No favorable	4000	10	4000	1,9	1,5	2,3	11		
Método 2 y 3	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	No favorable	160	25% - 50%	d ≤ 100	2,0	0,4	7,3	104		
					100 < d ≤ 200	1,2	0,1	4,3	71		
					200 < d ≤ 240	1,1	0,7	1,8	19		
				>50%	d ≤ 100	1,6	0,5	3,2	19		
					100 < d ≤ 200	1,9	0,6	4,2	24		
					200 < d ≤ 300	1,3	0,5	2,5	52		
					300 < d ≤ 360	1,2	0,6	2,9	40		
	Tractor oruga (NEW HOLLAND TK100)	No favorable	43	45%	0 < d ≤ 20	1,1	0,3	2	15	Rendimiento (t/h) = -0,359ln(d) + 2,2544	0,6186
					20< d ≤ 40	1,1	0,4	2	13		
					40 < d ≤ 60	0,8	0,5	1,1	21		
					60 < d ≤ 80	0,7	0,3	1,3	8		
	Camión 6*6 (MERCEDES 350)	No favorable	4.504	10%	4000 ≤ d ≤ 4500	1,8	0,9	2,6	48	Rendimiento (t/h) = -3,437ln(d) + 30,696	0,7844
					4500 < d ≤ 5200	1,5	1,1	2	15		

Fuente. Elaboración propia

(1)d: distancia de desembosque (m)

5.10.3.5. Astillado

En la **Tabla 168** se presentan los resultados obtenidos para el astillado: el rendimiento medio y coste por hectárea y tonelada.

Tabla 168. Rendimiento (t/h) en las operaciones de astillado. Monte Sierra Blanca y Bermeja

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO		COSTE	
		(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
01_Sierra Blanca y Bermeja	Astilladora sobre chasis de ruedas, remolcada y alimentada con giratoria (MORBARK F18 Urricane)	128	6,1	784	17

Fuente. Elaboración propia

A la vista de la tabla interesa indicar que la astilladora ha trabajado bien, con unos rendimientos y costes aceptables, teniendo en cuenta que el material (árbol completo) se encontraba perfectamente acopiado en pilas. En algunas ocasiones se ha observado en el acopio que al tratarse de árboles completos, sus ramas estaban trabadas, por lo que se ha ralentizando las labores de carga de la astilladora.



5.10.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos

En la **Tabla 169** se presenta un resumen de todos los datos obtenidos con anterioridad, de tal manera que se recogen los resultados sintetizados del aprovechamiento llevado a cabo tanto en condiciones óptimas como en no favorables.

Tabla 169. Rendimiento (t/h) y costes de extracción del aprovechamiento de biomasa forestal. Monte Sierra Blanca y Bermeja

METODO	SITUACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
1	No favorable	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	1,1	76	146
		Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	5,3	18	
		Camión 6x6 (MERCEDES 350)	1,9	35	
		Astilladora (MORBARK F18) alimentada con giratoria	6,1	17	
2 y 3	No favorable	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	1,5	56	110
		Tractor oruga (NEW HOLLAND TK100)	0,9	69	
		Camión 6x6 (MERCEDES 350)	1,7	37	
		Astilladora (MORBARK F18) alimentada con giratoria	6,1	17	

Fuente. Elaboración propia

En el cálculo del coste final se han sumado los costes de las máquinas que intervienen en el proceso. En el caso de la metodología 2 y 3, al haberse probado dos máquinas para el desembosque a camino, se ha considerado la opción más favorable, que en este caso es el skidder con cable. Hay que señalar que a este coste final debe añadirse el coste del apeo.

A la vista de la tabla, en la ***metodología 2***, se deduce que el skidder tiene mejor rendimiento y por tanto es más económico que el tractor oruga. Sin embargo, se ha de tener en cuenta que este rendimiento se va a ver influenciado por las características de la zona desde la que se cablee con el skidder. Así se obtendrán mejores rendimientos si el skidder puede desplazarse a través de la masa y por lo tanto la distancia recorrida por el operario es menor. También habrá que tener en cuenta el coste del bulldozer que abre el jorro para saber si es más rentable económicamente este método.

Respecto al transporte intermedio de largo recorrido, es recomendable su supresión, ya que esta manipulación tiene un consiguiente incremento económico. La supresión de esta operación supone un ahorro de 35 a 37€/t. Una posibilidad para eliminar la necesidad de este transporte sería habilitar un parque intermedio como parque de astillado y de acopio, para lo que hubiese sido necesario ampliar y disponer de más espacio para las maniobras, acopio y apilado de la astilla.

De los trabajos en la presente parcela se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Las características de esta parcela, elevada pendiente y alta pedregosidad, hacen imposible la mecanización del apeo.
- Respecto a las operaciones de desembosque, se recomienda el uso del tractor oruga con cable, en zonas limítrofes a caminos y con una distancia de cableo máxima de 20 metros. Si las distancias son mayores conviene realizar la saca mediante skidder por ser más rápido en los desplazamientos que el tractor oruga. Si además las vías de saca son accesibles para un autocargador, conviene realizar la reunión con skidder o tractor oruga hasta camino y el transporte posterior con autocargador.
- Los costes de desembosque se pueden minimizar ampliando y habilitando un parque de astillado cerca de la zona de actuación.
- Las operaciones de astillado planteadas se consideran adecuadas.

5.11. Málaga: Las Conejeras y Madroñales

5.11.1. Localización: Área de actuación

El monte Las Conejeras y Madroñales (MA-10048-JA) está situado en el término municipal de Parauta, en la provincia de Málaga, localizándose en la Sierra de las Nieves. Tiene una superficie de 296,6 ha. No dispone de Proyecto de Ordenación. Próximo a este entorno natural se sitúan otros montes de especial importancia, entre los que cabe citar Sierra Bermeja.



Figura 250. Croquis de situación

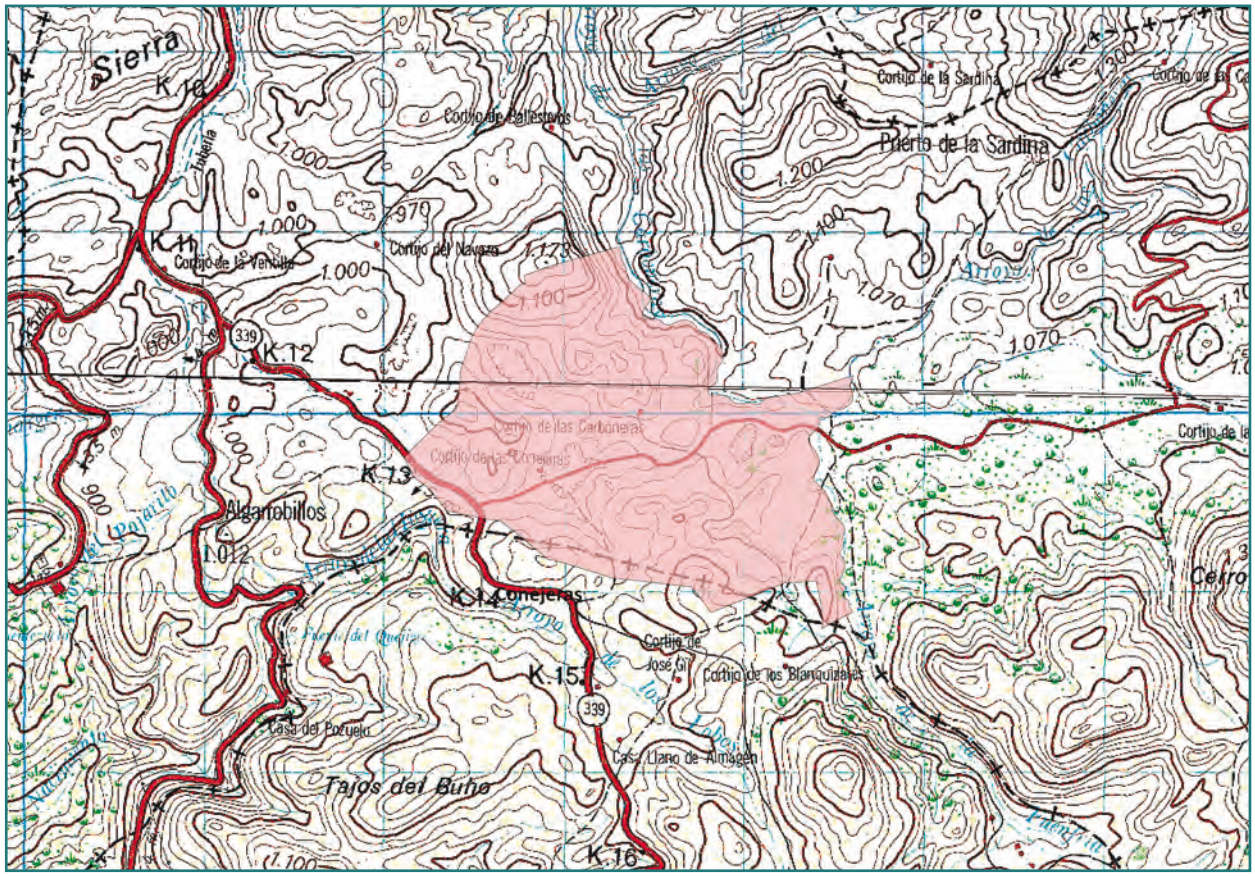


Figura 251. Monte Las Conejeras y Madroñales

El clima de estas zonas se caracteriza por la existencia de un periodo de sequia estival, una estación lluviosa que se extiende desde el otoño hasta la primavera y un régimen de temperaturas con máximos estivales. Asimismo, la influencia del relieve es importante, ya que determina que las zonas más elevadas sean más frescas y con mayores precipitaciones. El régimen de precipitaciones se sitúa entre los 700 mm y los 1.800 mm. En cuanto a las temperaturas, las medias anuales oscilan alrededor de los 14 ºC. La altitud media se localiza en torno a los 1.000 m.

En cuanto al suelo, se caracteriza por su rocosidad y pedregosidad, por presentar un escaso desarrollo y profundidad y, en los casos que se desarrollan sobre sustratos calizos, por el alto contenido en carbonato cálcico. Todo ello condiciona los diferentes usos y aprovechamientos que pudieran tener lugar.

La serie de vegetación dominante es la Serie mesomediterránea, bética, seca subhúmeda basófila de la encina (*Quercus rotundifolia*): *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae*.

Se ha considerado interesante incluir en este proyecto una parcela de muestreo de encinar debido a que en la provincia de Málaga existen muchas masas forestales con estas características, que pueden llegar a ser rentables como aprovechamiento en biomasa.

Esta especie presenta una madera con una alta densidad, por lo que el poder calorífico de sus productos es elevado y por lo tanto muy interesante desde el punto de vista de producción de biomasa. En la **Tabla 170** se realiza un resumen de las características generales de la parcela y a continuación una breve descripción de la misma.

Tabla 170. Caracterización de la parcela. Monte Las Conejeras y Madroñales

MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	PENDIENTE (%)	PEDREGOSIDAD
Las Conejeras y Madroñales	01_ Conejeras	5,02	*Quercus ilex*	0-30	Elevada

Fuente. Elaboración propia

Se ha trabajado en una única parcela demostrativa, la 01_Conejeras, de 5,02 ha, con un intervalo de pendiente que puede variar entre el 1% y el 34%, siendo la pendiente media de aproximadamente un 20%. El suelo no es excesivamente bueno, al presentar pedregosidad y bastantes afloramientos rocosos. Se ha trabajado sobre una masa de encinar (*Quercus ilex*) procedente de monte bajo. La densidad de la masa es elevada (2.325 pies/ha), concentrándose el mayor porcentaje de pies en las dos primeras clases diamétricas.



5.11.2. Metodología. Procedimientos

5.11.2.1. Apeo

Se realiza apeo manual con motosierra (STIHL 026). En el proyecto inicial se planteó un resalveo del 50%, pero en el desarrollo de los trabajos se ha tenido que aumentar este porcentaje de corta para facilitar los trabajos de recogida y desembosque. La elevada densidad de la masa y el pequeño porte de los pies de corta ha dificultado las labores de apeo, provocándose continuos enganches entre los pies.

5.11.2.2. Desembosque

Los trabajos de desembosque se han planteado en dos fases: 1) desembosque a pista y 2) desembosque a parque de astillado. Para la primera fase se realizaron los trabajos de reunión, enganche, desembosque y desenganche de los pies, utilizándose como maquinaria un tractor oruga con cable y un skidder. En la segunda fase, el desembosque de los pies completos, se ha probado una miniretroexcadora y una retroexcavadora con pinza. Respecto a la primera fase, en el desembosque a pista se han utilizado dos tractores oruga con cable (LANDINI Trekker y SAME Kripton) de la misma potencia, dimensiones y prestaciones. El cambio de marca y modelo de la maquinaria no ha influido en la metodología, ya que únicamente se ha debido a una cuestión de disponibilidad de la maquinaria.

Las labores de enganche de los pies de encina con el cabrestante, así como el desenganche de los mismos una vez realizado el arrastre, eran realizadas por el mismo operario, quedando el árbol completo apilado a pie de pista.

Uno de los inconvenientes que ha predominado en esta primera fase de los trabajos ha sido la elevada densidad de la masa que ha quedado tras el apeo y por lo tanto, el escaso espacio de maniobra con que contaba la maquinaria. Esto ha dificultado, en gran medida, el arrastre del árbol desde la zona de apeo hasta la vía de saca, trabándose los pies constantemente.

Para la segunda fase, desembosque a parque de astillado, se probó con una miniretroexcavadora (AVANT Teckno 51979), con un peine acoplado en el frontal. Los resultados no fueron los esperados, ya que la pendiente y los afloramientos rocosos en la parcela impedían el desarrollo óptimo de los trabajos, por lo que se desestimó continuar con la utilización de esta máquina.

Tras plantear varias opciones y la escasa disponibilidad del mercado de maquinaria para realizar los trabajos, así como por los propios condicionantes de la parcela, se optó por realizar el desembosque con una retroexcavadora con pinza (FIAT Hitachi FH200). Esta ofreció unos resultados más que aceptables. En esta situación se planteó tener la astilladora en el parque, por lo que la descarga se realizaba sobre la astilladora, optimizando por tanto los trabajos y recortando así una fase de los trabajos.

Logísticamente se localizan varios parques de astillado para hacer la distancia de desembosque lo menor posible.

5.11.2.3. Astillado

El astillado se realizó en los lugares habilitados para ello, ampliando varios apartaderos en las vías de saca o sus inmediaciones. Para el parque de astillado se empleó una astilladora arrastrada/remolcada, MORBARK BEEVER R20 (400 CV) alimentada y remolcada por una retroexcavadora hidráulica con pinza (FIAT Hitachi FH200). La astilladora citada vierte la astilla directamente sobre el terreno.

Se realizó una prueba de astillado in situ (vías de saca) mediante astilladora PIMA RMO 3005 adaptada a tractor oruga y con alimentación manual. Esta astilla se vertió en unas sacas de aproximadamente un metro cubico, que necesitan ser sacadas a posteriori.

En ambos procesos de astillado se necesitó un desembosque intermedio del producto hasta cargadero para vehículos de transporte de gran tonelaje, ya que la zona es inaccesible al tránsito de dichos camiones.

Ambos procesos han dado una astilla heterogénea, sin presencia de ramilletes y con poca humedad. El material ha estado acopiado varios meses perdiendo humedad en el transcurso del acopio, por lo que la astilla generada resulta de una calidad más aceptable. A continuación se presenta una tabla resumen de las actuaciones y un plano en el que se ve la superficie de trabajo y los distintos parques de astillado.

Tabla 171. Caracterización de la parcela. Monte Las Conejeras y Madroñales

PARCELA	CORTA	EXTRACCIÓN DE RESIDUOS	ASTILLADO
01_Conejeras	Manual con motosierra	Desembosque de árbol completo a camino o vía de saca con tractor oruga o skidder con cable. Desembosque de árbol completo de vía de saca o camino a parque de astillado con miniretroexcavadora o retroexcavadora	Astillado de árbol completo en parque de astillado con astilladora remolcada

Fuente. Elaboración propia

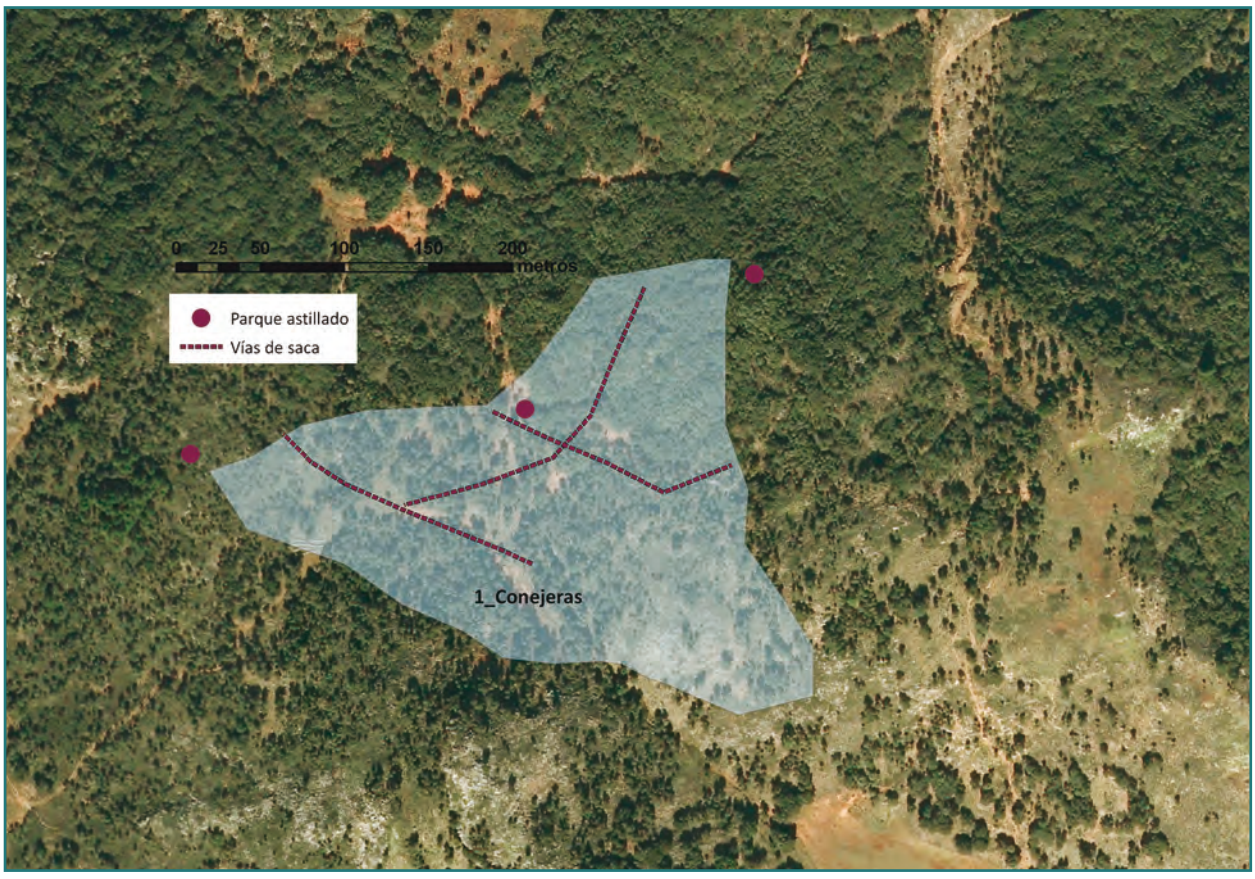


Figura 252. Localización parques de astillado y vías de saca

5.11.3. Resultados

5.11.3.1. Actualización de los datos de inventario

En la **Tabla 172** se muestra la densidad inicial y el número de pies presentes en la parcela según los datos del inventario. En la **Tabla 173** se presenta una distribución de pies por clase diamétrica.

Tabla 172. Datos de inventario. Monte Las Conejeras y Madroñales

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DENSIDAD (pies/ha)	Dn MEDIO (cm)	PIES TOTALES
Málaga	Las Conejeras y Madroñales	01_Conejeras	5,02	*Quercus ilex*	2.326	8,7	11.675

Fuente. Elaboración propia

Tabla 173. Distribución de pies por clase diamétrica. Monte Las Conejeras y Madroñales

INTERVALO CD	CD	Nº PIES	%PIES POR CD	DENSIDAD (pies/ha)
2,5-7,5	5	4.429	37,9	882
7,5-12,5	10	5.234	44,8	1.043
12,5-17,5	15	1.610	13,8	321
17,5-22,5	20	302	2,6	60
22,5-27,5	25	101	0,9	20
TOTAL		**11.675**	**100**	**2.326**

Fuente. Elaboración propia

Para que los resultados obtenidos puedan ser comparables, los pesos secos están referidos a un porcentaje del 30% de humedad. En la siguiente tabla se especifica para la especie *Quercus ilex* el peso, por clase diamétrica, para cada fracción de biomasa.

Tabla 174. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica. Valores modulares

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	3,1	4,0	7,2
2	7,5-12,5	17,4	22,2	39,8
3	12,5-17,5	37,6	71,1	108,6
4	17,5-22,5	71,5	150,0	221,5
5	22,5-27,5	116,4	268,7	384,9
6	27,5-32,5	171,7	433,0	604,8
7	32,5-37,5	237,3	649,0	886,1
8	37,5-42,5	312,1	921,4	1.233,6
9	42,5-47,5	396,1	1.255,4	1.651,5
10	47,5-52,5	488,7	1.655,4	2.144,1

Fuente. Montero, G. *et al.* (2006) "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles". INIA

5.11.3.2. Criterio de corta y señalamiento

Inicialmente se había planificado un peso de corta del 50% de la masa, aunque se ha visto aumentado hasta el 87% debido a la apertura de dos vías de saca o jorros que inicialmente no estaban previstos en el señalamiento. Cerca de 3 ha se han destinado íntegramente para biomasa mientras que en las 2 ha restantes se ha realizado una selección de los fustes y ramas de mayor tamaño para su adjudicación como aprovechamiento de leñas para uso doméstico.

A partir de la intensidad de corta, se ha obtenido una biomasa teórica extraída (**Tabla 175**) empleando el diámetro normal del árbol tipo de la parcela demostrativa y los valores modulares de la especie *Quercus ilex*.

Tabla 175. Datos de señalamiento. Monte Las Conejeras y Madroñales

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)		% CORTA	PESO EXTRAÍDO[1]	
				INICIAL	FINAL		(kg/pie)	(t/ha)
Málaga	Las Conejeras y Madroñales	01_Conejeras	5,02	2.326	297	87	34,8	64,4

Fuente. Elaboración propia [1]Peso con un 30% de humedad

5.11.3.3. Distribución de tiempos de la maquinaria

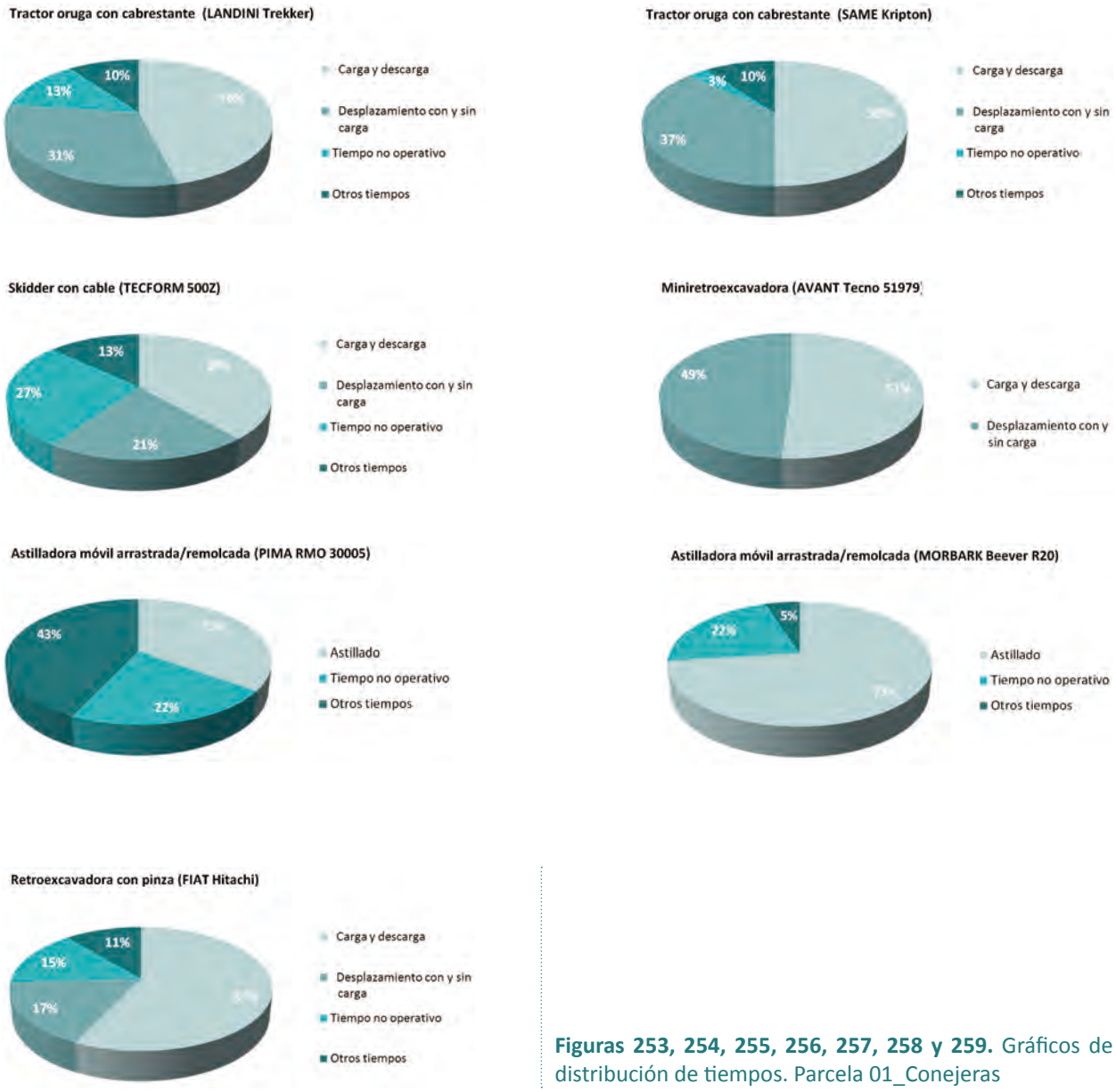
Se ha calculado el tiempo que invierte cada máquina en los procesos en los que interviene con la finalidad de obtener el tiempo operativo real y el porcentaje que dedica a cada operación.

Tabla 176. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Las Conejeras y Madroñales

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
1_Conejeras	Tractor oruga con cable (LANDINI Trekker)	795	**Ciclo completo**	**38,7**	**77**
			Carga y descarga	22,9	46
			Desplazamiento con y sin carga	15,7	31
			Tiempo no operativo	**6,4**	**13**
			Otros tiempos	**5,3**	**10**
			Total	**50,4**	**100**
	Tractor oruga con cable (SAME Kripton)	2.007	**Ciclo completo**	**106,9**	**87**
			Carga y descarga	60,9	50
			Desplazamiento con y sin carga	46,0	37
			Tiempo no operativo	**3,5**	**3**
			Otros tiempos	**12,4**	**10**
			Total	**122,7**	**100**
	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	60	**Ciclo completo**	**3,4**	**60**
			Carga y descarga	2,2	38
			Desplazamiento con y sin carga	1,2	21
			Tiempo no operativo	**1,5**	**27**
			Otros tiempos	**0,8**	**13**
			Total	**5,7**	**100**
	Retroexcavadora con pinza(FIAT Hitachi)	356	**Ciclo completo**	**48,3**	**74**
			Carga y descarga	**36,9**	**57**
			Desplazamiento con y sin carga	**11,3**	**17**
			Tiempo no operativo	**10,0**	**15**
			Otros tiempos	**6,9**	**11**
			Total	**65,2**	**100**
	Miniretroexcavadora (AVANT Teckno 51979)	46	**Ciclo completo**	**1,2**	**100**
			Carga y descarga	0,6	51
			Desplazamiento con y sin carga	0,6	49
			Total	**1,2**	**100**

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
1_Conejeras	Astilladora (MORBARK Beever R20)	98	**Astillado**	**24,7**	**73**
			Tiempo no operativo	**7,6**	**22**
			Otros tiempos	**1,7**	**5**
			Total	**34,0**	**100**
	Astilladora (PIMA RMO 30005)	47	**Astillado**	**5,2**	**35**
			Tiempo no operativo	**3,3**	**22**
			Otros tiempos	**6,3**	**43**
			Total	**14,8**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 253, 254, 255, 256, 257, 258 y 259. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 01_Conejeras

5.11.3.4. Desembosque

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados obtenidos para la fase de desembosque. En ella se exponen para cada una de las máquinas utilizadas las distancias medias recorridas, el rendimiento medio obtenido y el coste por hectárea y tonelada, así como la pendiente media de trabajo. Hay que indicar que únicamente se realizará el estudio del rendimiento de uno de los tractores oruga que han trabajado por presentar las mismas prestaciones. Por otro lado, no se realiza el análisis de la miniretroexcavadora (AVANT Tekno 519799) por no haber trabajado en la obra más que un tiempo de aproximadamente 1 hora (ver **Tabla 177**).

Tabla 177. Resultados de los datos de desembosque. Monte Las Conejeras y Madroñales

PARCELA	MÁQUINA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO (t/h)			COSTE	
				MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
1_Conejeras	Tractor oruga con cable (SAME Kripton)	46	0-30	3,3	0,8	9,0	1.240	19
	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	15	<12	2,8	1,7	4,6	1.961	30
	Retroexcavadora con pinza (FIAT Hitachi)	80	<12	4,6	2,3	10,7	779	12

Fuente. Elaboración propia

Por otro lado, para cada tipo de maquinaria se ha obtenido un rendimiento medio en condiciones óptimas y bajo alguno de los factores limitantes.

En la **Tabla 178** se resume el rendimiento medio, que si bien debería desglosarse en situación óptima y no favorable, en este caso sólo ha sido posible trabajar en condiciones no favorables. Concretamente el skidder con cable (TECFORM 500Z) ha trabajado con presencia de pedregosidad y afloramientos rocosos, y el tractor oruga con cable (SAME Kripton) además de las anteriores, ha trabajado con barro y lluvia.

Tabla 178. Rendimiento medio según condiciones. Monte Las Conejeras y Madroñales

PARCELA	MÁQUINA	Nº CICLOS	SITUACIÓN	TIEMPO (h)	Nº PIES	RENDIMIENTO	
						(pies/h)	(t/h)
1_Conejeras	Tractor oruga con cable (SAME Kripton)	486	Todos	106,9	11.177	96	3,3
			Óptimo				
		486	No favorable	106,9	11.177	96	3,3
	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	14	Todos	3,4	274	79	2,8
			Óptimo				
		14	No favorable	3,4	274	79	2,8
	Retroexcavadora (FIAT Hitachi)	53	Todos	48,3	-	-	4,6
			Óptimo				
		53	No favorable	48,3	-	-	4,6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 179. Rendimiento (t/h) en función de la distancia de desembosque (m) y la pendiente. Monte Las Conejeras y Madroñales

PARCELA	MÁQUINA	DISTANCIA MEDIA (m)	PENDIENTE MEDIA (%)	DISTANCIA (m)	RENDIMIENTO (t/h)			Nº CICLOS
					MED	MIN	MAX	
1_Conejeras	Tractor oruga con cable (SAME Kripton)	32	0-25	0-100	3,4	0,8	9,0	408
				100-200	3,3	1,7	4,7	30
		160	25-50	0-100	2,3	1,2	4,5	23
				100-200	2,2	1,6	2,9	13
				200-300	3,0	2,4	4,1	12
	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	15	<12	10-20	2,8	1,7	4,6	14
	Retroexcavadora con pinza (FIAT Hitachi)	80	<12	10-180	4,6	2,3	10,7	53

Fuente. Elaboración propia

En el tramo de distancia 200-300 metros de la pendiente 25-50% del tractor oruga con cable (SAME Kripton) aumenta ligeramente el rendimiento. Esto se debe a que en estos ciclos no había afloramientos rocosos, ni ningún otro condicionante a excepción de la pedregosidad, que ha estado presente en todos los ciclos de trabajo de esta máquina.

5.11.3.5. Astillado

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el astillado: el rendimiento medio y coste por hectárea y tonelada.

Tabla 180. Rendimiento (pies/h, t/h) en las operaciones de astillado. Monte Las Conejeras y Madroñales

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO		COSTE	
		(pies/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
1_Conejeras	Astilladora (MORBARCK Beever R20) con giratoria	289	10,1	653	10
	Astilladora (PIMA RMO 30005) con tractor	275	9,5	558	9

Fuente. Elaboración propia



5.11.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos

En la **Tabla 181** se presenta un resumen de todos los datos obtenidos con anterioridad, de tal manera, que se pueda obtener resultados sintetizados del aprovechamiento llevado a cabo.

Tabla 181. Rendimiento (t/h) y costes de extracción del aprovechamiento de biomasa forestal. Monte Las Conejeras y Madroñales

PARCELA	MÉTODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
1_Conejeras	1AC	Desembosque a pista	Tractor oruga con cable (SAME Kripton)	3,3	19	41
			Skidder con cable (TECFORM 500Z)	2,8	30	
		Desembosque cargadero	Retroexcavadora con pinza (FIAT Hitachi)	4,6	12	
		Astillado	Astilladora (MORBARK Beever R20)	10,1	10	
			Astilladora (PIMA RMO 30005)	9,5	9	

Fuente. Elaboración propia

Para la obtención del coste del desembosque por hectárea y por tonelada se han sumado los costes de las máquinas que intervienen en el proceso. En el caso del desembosque a vía de saca se ha considerado la opción más favorable, que en este caso es el tractor oruga con cable SAME Kripton. A la vista de la tabla se deduce que es más ventajoso económicamente el uso del tractor oruga. Aunque los rendimientos son similares ante la misma metodología, el coste horario superior del skidder incrementa el coste por tonelada.

En cuanto a la utilización para desembosque a cargadero de la retroexcavadora con pinza (FIAT Hitachi FH200) más remolque los resultados son aceptables. No obstante, un remolque de mayores dimensiones hubiese tenido más rendimiento, si bien habría que valorar la maniobrabilidad del mismo.

En las tareas de astillado aunque en una primera aproximación puede parecer más ventajosa la astilladora PIMA frente a la MORBARK, se han de valorar otros patrones, ya que a la astilladora PIMA hay que sumar el desembosque de las sacas, lo que implica otra operación intermedia que supone un incremento de coste y un problema de desembosque añadido.

Como conclusiones al método empleado, podemos señalar las siguientes:

- Las características de la parcela y de la masa, hacen imposible la mecanización del apeo.
- La opción planteada para el desembosque intermedio con retroexcavadora con pinza más remolque se considera aceptable, aunque el empleo de un autocargador pequeño hubiese dado mayor rendimiento. En esta parcela el uso de autocargador grande o autocargador compresor no hubiese sido factible por motivos de movilidad.
- Los trabajos de astillado mediante astilladora/remolcada MORBARK, junto con alimentación mediante retroexcavadora suponen una opción considerada como correcta. La organización de los trabajos en los que la retroexcavadora realizaba el desembosque y directamente alimentaba la astilladora, simplificando las tareas de carga y descarga, ha optimizado los rendimientos. Además esta astilladora al llevar control remoto facilitaba la puesta en revoluciones sin la bajada del operario de la retroexcavadora, optimizando los tiempos.

5.12. Málaga: Barranca Honda y Ballesteros

5.12.1. Localización: Área de actuación

El monte “Barranca Honda”, incluido en el PLAN TÉCNICO DE ORDENACIÓN DE LOS MONTES “LA HIEDRA Y LOS BALLESTEROS (MA-10060-JA) Y BARRANCA HONDA (MA-10061-JA)”, se encuentra situado en el término municipal de Pujerra, en la provincia de Málaga y pertenece a la Junta de Andalucía. Fue aprobado en el año 2004 con un periodo de vigencia de 9 años.



Figura 260. Croquis de situación

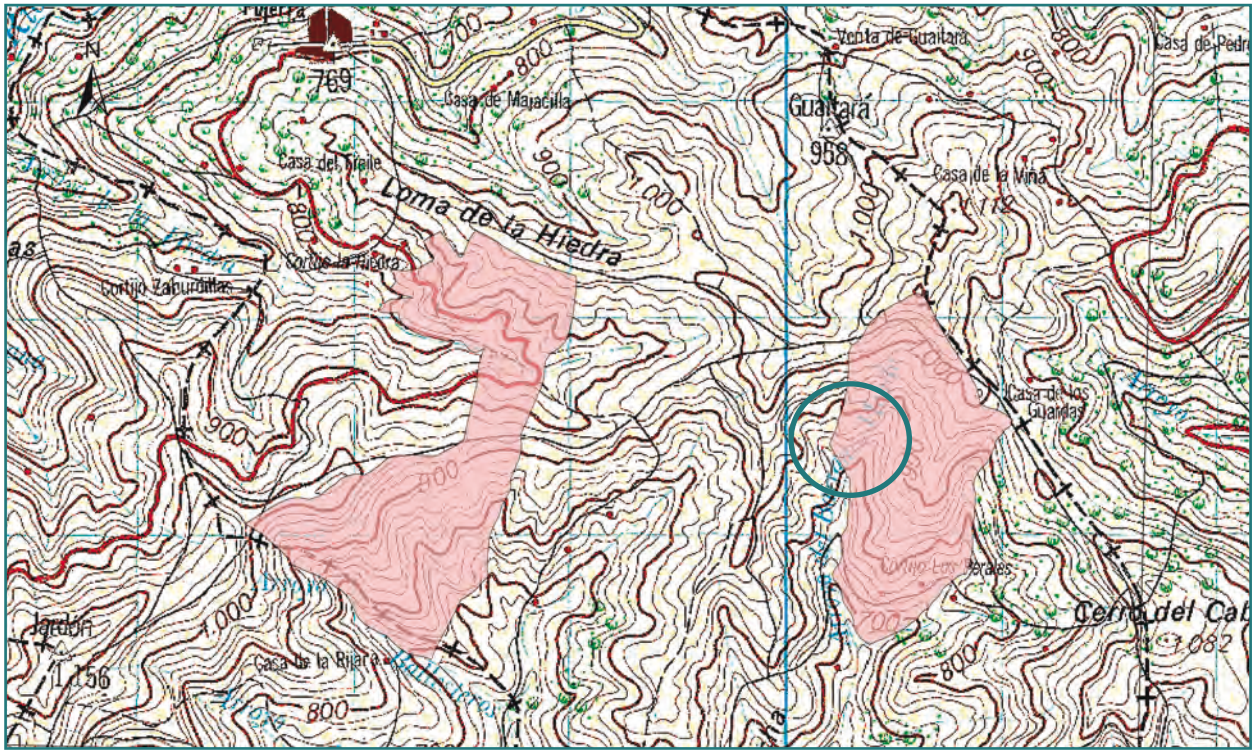


Figura 261. Monte Barranca Honda y Ballesteros

Todo el monte está recorrido por una extensa red de arroyos y cursos de agua, generalmente estacionarios. Además, pequeñas depresiones del terreno han sido aprovechadas para situar puntos de acumulación de aguas.

El límite nordeste del monte "Barranca Honda" se conforma por la loma de la Escabezada, que oscila desde el Cerro de la Torvisca, el cual con 1.102 m de altura es el punto más alto del monte, hasta los 1.012 m en el denominado Puerto de San Agustín. Desde la mencionada loma parte una divisoria que atraviesa el monte de nordeste a sudoeste, quedando conformado por la ladera que desciende con orientación oeste en busca del arroyo de Barranca y por la ladera de exposición este hasta el arroyo de los Juncales, ambas laderas poseen una pendiente bastante uniforme de valor medio 40%.

El clima es Mediterráneo (piso mesomediterráneo) con una precipitación media anual de 1.043 mm (ombroclima húmedo) y una temperatura media anual de 15,9 ºC; no existe ningún mes con riesgo de helada segura; la vegetación no detiene su crecimiento durante todo el año, disminuyendo en los meses secos: junio, julio, agosto, y septiembre.

Atendiendo a la clasificación de las series de vegetación de Rivas Martínez *et al*. (1986), el monte queda abarcado por la mancha de vegetación potencial que comprende la serie meso-termomediterránea gaditana y bética húmedo-hiperhúmeda silicícola del alcornoque, denominada *Teucrio baetici-Querceto suberis sigmetum* (23d). Por otro lado en la parte sureste se encuentra la serie termomediterránea gaditano-onubo-algarviense y marianico-monchiquense subhúmedo silicícola del alcornoque (*Quercus suber*). *Oleo-Querceto suberis sigmetum* (26a) corresponden en su etapa madura a bosques planifolios esclerófilos, en general, desarrollados sobre suelos silíceos profundos, en territorios de ombroclima subhúmedo, húmedo o hiperhúmedo.

En la provincia de Málaga la presencia del *Pinus radiata* adquiere una gran relevancia debido a la gran cantidad de superficie que se plantó con esta especie en los años 70. Actualmente existe un gran volumen de masa de radiata en su turno de corta que es muy interesante estudiar para un posible aprovechamiento de biomasa. Es por ello por lo que se ha seleccionado una única parcela de muestreo que dará información sobre la rentabilidad de esta masa desde el punto de vista energético. No se han considerado necesarias más parcelas ya que es una masa muy homogénea ubicada sobre terreno aterrazado, por lo tanto no existen muchas variaciones desde el punto de vista de características de medio.

El Plan Técnico de Ordenación tiene como finalidad tomar las medidas para potenciar las tres dimensiones: persistencia, estabilidad y máximo rendimiento, que los montes presentan; de forma que, de una manera global y tomando al monte como unidad, se prioricen las distintas actuaciones de mejora que en el monte deben realizarse y los distintos aprovechamientos que éste puede ofrecer.

En cuanto a las actuaciones más relevantes especificadas en el vigente Plan Especial destacan las claras y clareos en zonas con masa de pinar, podas de formación que afectarán a diversas formaciones vegetales (rodales de alcornocal y pinares) y que se deberán realizar con diversos criterios según la especie y el tamaño del pie a podar.

En la **Tabla 182** se realiza un resumen de las características generales de la parcela y a continuación una breve descripción de la misma.

Tabla 182. Caracterización de la parcela. Monte Barranca Honda y Ballesteros

MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	PENDIENTE (%)	PEDREGOSIDAD (%)	OBSERVACIONES
Barranca Honda	01_Barranca Honda	3,2	*Pinus radiata*	>60	Nula	Aterrazado

Fuente. Elaboración propia

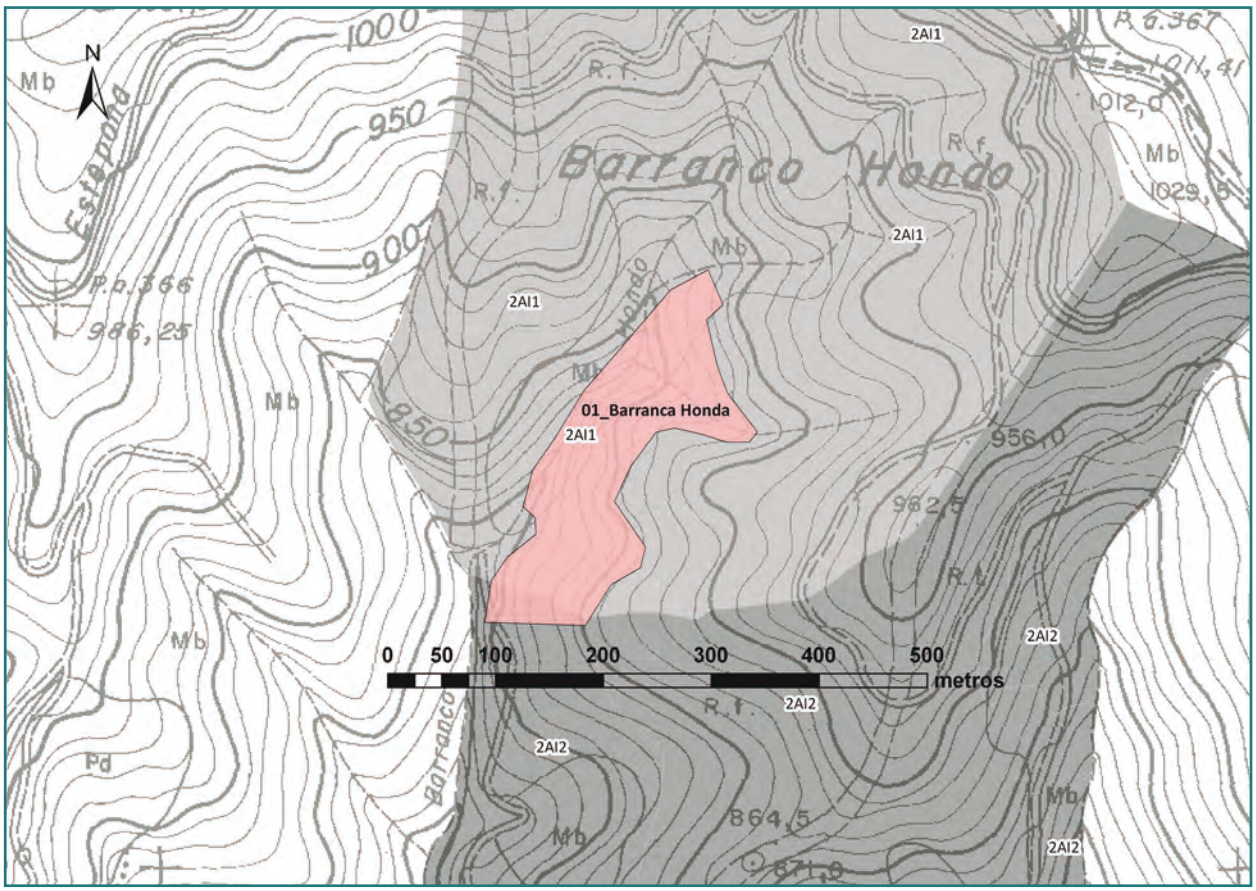


Figura 262. Plano parcela en el Monte Barranca Honda

Consiste en una superficie de 3,2 ha, con pendiente muy pronunciada (la media por encima del 60%) y con una exposición predominante occidental. De acuerdo con el Plan Técnico de Ordenación se trata de una masa monoespecífica de *Pinus insignis o radiata* (pino de Monterrey) sobre terreno aterrazado, con una fracción de cabida cubierta del 95% y una densidad media de 300-350 pies/ha. La edad de este pinar es de 25 años (su turno de corta), con una altura media de 8 m y diámetros normales variables de 10-35 cm debido a la variación de calidad de estación que existe.

El estrato de matorral presenta una FCC del 30%, con una altura media de 1-1,5 m y un diámetro basal medio comprendido entre 3-5 cm. El cortejo de especies que se dan bajo el pinar son en su mayoría *Cistus* sp, *Ulex* sp y *Rubus ulmifolius* (zarza). Existe regeneración de quejigo y alcornoque pero en muy poca densidad.

Durante el desarrollo del demostrativo ha existido presencia de barro. El parque de astillado se encuentra a 908 metros de la parcela de actuación, ya que es el único espacio disponible para realizar el acopio y el posterior astillado con suficientes garantías para que pueda acceder una astilladora de grandes dimensiones.



5.12.2. Metodología. Procedimientos

5.12.2.1. Apeo

Antes de la realización del apeo es necesario ejecutar un desbroce debido a que el estrato arbustivo presenta una fracción de cabida cubierta del 100%. El apeo se realiza de forma manual del 100% de la masa con motosierra (STIHL 026). El corte ha sido con entalladura por el elevado diámetro de cada pie. El apeo es dirigido en línea perpendicular a la terraza o calle de plantación.

5.12.2.2. Desembosque

El desembosque se ha llevado a cabo en dos fases. En la primera, el método seguido ha sido el desembosque mediante arrastre de árboles completos a pie de carril. Para ello se han probado dos máquinas, el skidder con cable (TECFORM 500 Z) y el tractor oruga con cabestrante (LANDINI Trekker), con el objeto de poder comparar sus rendimientos y efectividad. El skidder ha trabajado sobre la mayor parte de la superficie y el tractor oruga sobre una pequeña fracción. En la segunda fase del desembosque, una vez en el carril, los árboles son procesados (desramados y tronzados a 7 metros) y posteriormente desemboscados a parque de astillado mediante autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B). En algunas ocasiones el procesado se ha realizado tras el apeo, al ser árboles de gran porte, debido a la incapacidad de la maquinaria para realizar el desembosque del árbol completo.

Durante el desarrollo de los trabajos se han tenido como factores limitantes la elevada pendiente de la zona de trabajo (60-70% media), el escaso espacio disponible en la cercanía de la zona de actuación para realizar el acopio del material y las propias características de la masa. Al tratarse de una masa formada por pies de elevadas dimensiones, los rendimientos en el procesado y el astillado se han visto afectados, siendo estos menores y, por lo tanto, encareciendo los costes.



5.12.2.3. Astillado

La reducción de volumen de biomasa se ha realizado en el parque de astillado, empleando una astilladora arrastrada/remolcada (MORBARK BEEVER R20), de 400 CV, alimentada y remolcada por una retroexcavadora hidráulica con pinza (FIAT Hitachi FH200). La astilladora citada vierte la astilla directamente sobre el terreno al no poderse retirar inmediatamente a la espera de la adjudicación del aprovechamiento y no existir por tanto un adjudicatario que pudiese retirar la astilla generada.

Para optimizar el transporte de la astilla a planta, es necesario un desembosque intermedio del producto hasta cargadero para vehículos de transporte de gran tonelaje, puesto que la zona es inaccesible al tránsito de dichos camiones.

A continuación se presenta una tabla resumen de las actuaciones y un plano con la ubicación del parque de astillado.

Tabla 183. Resumen de actuaciones. Monte Barranca Honda y Ballesteros

PARCELA	CORTA	DESEMBOSQUE	ASTILLADO
01_Barranca Honda	Manual orientado hacia la calle	Desembosque árbol completo a carril mediante skidder con cable y tractor oruga con cabestrante Desrame y tronzado en carril. Desembosque de fustes y copas a parque de astillado con autocargador doble eje	Astillado fustes y copas en parque de astillado con la astilladora sobre chasis de ruedas, remolcada y alimentada con giratoria

Fuente. Elaboración propia

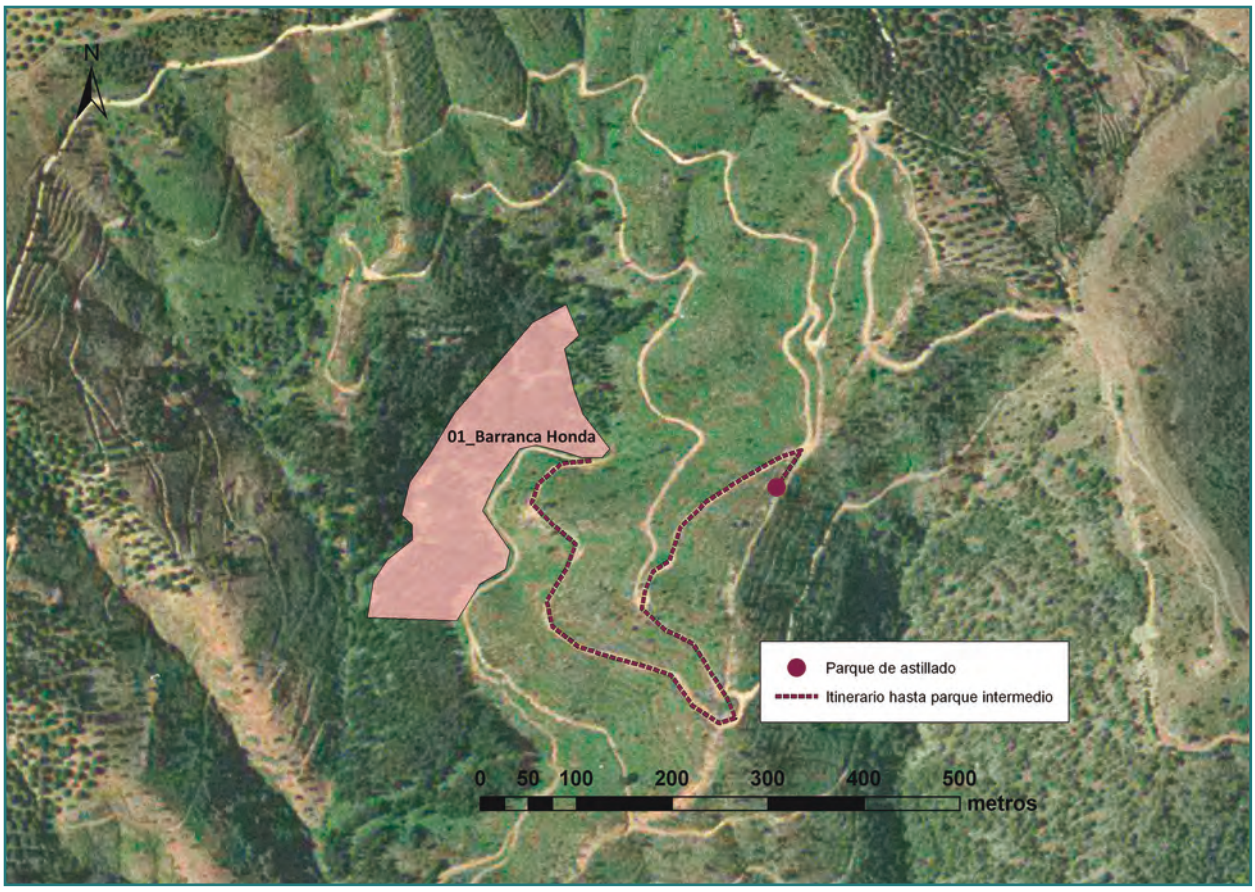


Figura 263. Plano de la parcela en el monte y parque de astillado, Barranca Honda

5.12.3. Resultados

5.12.3.1. Actualización de los datos de inventario

En la **Tabla 184** se muestra la densidad inicial y el número de pies presentes en la parcela según los datos del señalamiento realizado antes del comienzo de los trabajos del demostrativo.

Tabla 184. Datos de Inventario. Monte Barranca Honda y Ballesteros

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DENSIDAD (pies/ha)	Dn MEDIO (cm)	PIES TOTALES
Málaga	Barranca Honda	01_Barranca Honda	3,2	*Pinus radiata*	251	40,01	803

Para que los resultados obtenidos puedan ser comparables, los pesos secos están referidos a un porcentaje del 30% de humedad. En la siguiente tabla se especifica para la especie *Pinus radiata* el peso, por clase diamétrica, para cada fracción de biomasa.

Tabla 185. Peso (kg , 30% humedad) por clase diamétrica. Valores modulares

CD	D_n (cm)	PESO FUSTE (kg)	PESO COPA (kg)	PESO TOTAL (kg)
1	2,5-7,5	3,6	1,6	5,2
2	7,5-12,5	22,9	7,0	29,9
3	12,5-17,5	65,5	16,5	82,0
4	17,5-22,5	137,5	30,0	167,6
5	22,5-27,5	243,6	48,2	291,9
6	27,5-32,5	387,7	71,9	459,6
7	32,5-37,5	573,2	101,1	674,3
8	37,5-42,5	803,1	136,8	939,9
9	42,5-47,5	1.080,4	179,5	1.260,0
10	47,5-52,5	1.407,5	230,0	1.637,5
11	52,5-57,5	1.786,5	288,9	2.075,3
12	57,5-62,5	2.219,6	357,2	2.576,9
13	62,5-67,5	2.708,8	435,8	3.144,6
14	67,5-72,5	3.255,7	525,3	3.781,1

Fuente. Montero, G. *et al.* (2006) "Producción de biomasa y fijación de $C0_2$ por los bosques españoles". INIA

5.12.3.2. Criterio de corta y señalamiento

Se determinó una intensidad de corta del 100% debido a la llegada del *Pinus radiata* a su fin de turno. El destino del aprovechamiento ha sido íntegramente para biomasa para los pies con un diámetro normal menor o igual a 30 cm. Cuando el diámetro normal ha sido superior a 30 cm, el fuste se ha considerado espacio maderable, y por tanto suceptible de ser comercializado como madera de sierra, y la copa se ha destinado a biomasa.

A partir de estos datos y de la información procedente del señalamiento, se ha obtenido una biomasa teórica extraída (**Tabla 186**) empleando el diámetro normal del árbol tipo de la parcela demostrativa y los valores modulares de la especie *Pinus radiata* en España definidos en "Producción de biomasa y fijación de $C0_2$ por los bosques españoles" de Montero, G. *et al.* (2006). INIA.

Tabla 186. Datos de señalamiento. Monte Barranca Honda y Ballesteros

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	DENSIDAD (pies/ha)		% CORTA	PESO EXTRAÍDO[1]	
				INICIAL	FINAL		(kg/pie)	(t/ha)
Málaga	Barranca Honda	01_Barranca Honda	3,2	251	0	100	939,9	43,95

Fuente. Elaboración propia

[1]Peso con un 30% de humedad

Por clase diamétrica obtendríamos la siguiente biomasa.

Tabla 187. Datos de biomasa. Monte Barranca Honda y Ballesteros

CD	Intervalo CD	Pies extraídos	Peso biomasa seco (kg)	Peso biomasa 30% de humedad (kg)	
1	2,5-7,5	56	224,65	292,04	
2	7,5-12,5	61	1.396,02	1.814,82	
3	12,5-17,5	58	3.653,85	4.750,00	
4	17,5-22,5	71	9.127,71	11.866,03	
5	22,5-27,5	73	16.367,25	21.277,43	
6.1	27,5-30,0	28	9.741,58	12.664,06	
6.2	30,0-32,5	38	2.121,93	2.758,51	Maderable
7	32,5-37,5	72	5.617,76	7.303,09	
8	37,5-42,5	88	9.284,30	12.069,60	
9	42,5-47,5	83	11.417,08	14.842,21	
10	47,5-52,5	80	14.069,41	18.290,23	
11	52,5-57,5	46	10.231,31	13.300,70	
12	57,5-62,5	28	7.572,81	9.844,65	
13	62,5-67,5	22	7.366,44	9.576,37	
14	67,5-72,5	0	0,00	0,00	
TOTAL		**803**	**108.192,10**	**140.649,73**	

Fuente. Elaboración propia

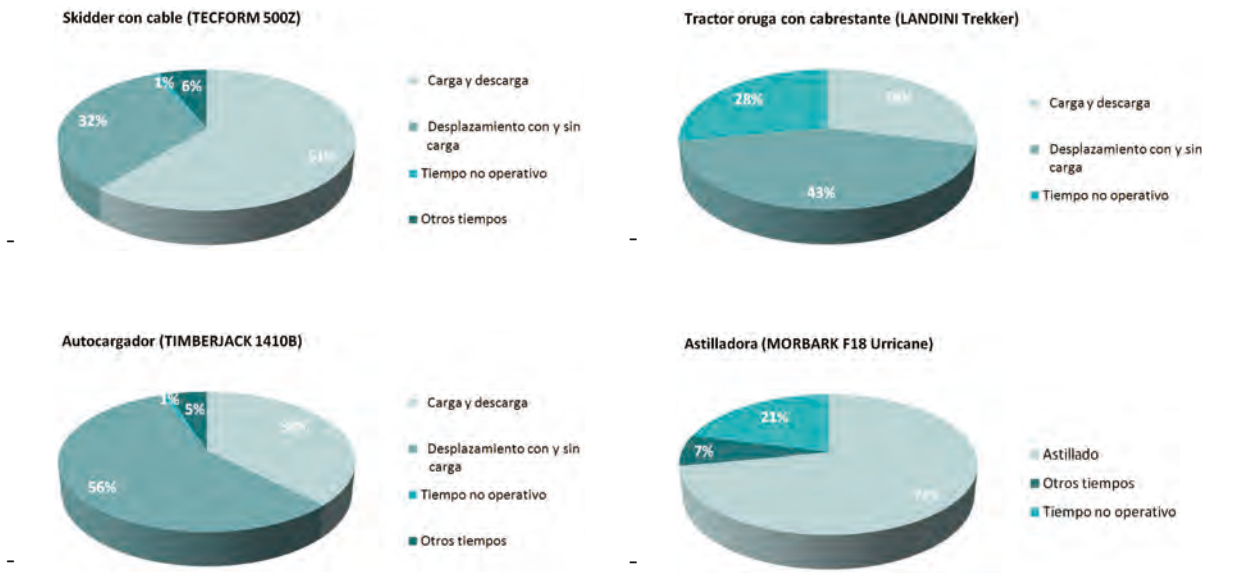
5.12.3.3. Distribución de tiempos de la maquinaria

Se ha calculado el tiempo que invierte cada máquina en los procesos en los que interviene con la finalidad de obtener el tiempo operativo real y el porcentaje que dedica a cada operación.

Tabla 188. Porcentaje de tiempo empleado para cada operación por máquina. Monte Barranca Honda y Ballesteros

PARCELA	MAQUINARIA	Nº CASOS	OPERACIÓN	TIEMPO	
				Horas	%
01_Barranca Honda	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	2.565	**Ciclo completo**	**163,4**	**93**
			Carga y descarga	106,7	61
			Desplazamiento con y sin carga	56,8	32
			Tiempo no operativo	**1,4**	**1**
			Otros tiempos	**10,5**	**6**
			Total	**175,3**	**100**
	Tractor oruga con cabrestante (LANDINI Trekker)	41	**Ciclo completo**	**2,3**	**72**
			Carga y descarga	**0,9**	**29**
			Desplazamiento con y sin carga	**1,4**	**43**
			Tiempo no operativo	**0,9**	**28**
			Total	**3,1**	**100**
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	400	**Ciclo completo**	**145,9**	**94**
			Carga y descarga	**58,1**	**38**
			Desplazamiento con y sin carga	**87,8**	**57**
			Tiempo no operativo	**1,4**	**1**
			Otros tiempos	**7,3**	**5**
			Total	**154,6**	**100**
	Astilladora, remolcada y alimentada con giratoria (MORBARK F18 Urricane)	134	**Astillado**	**28,7**	**72**
			Otros tiempos	**2,8**	**7**
			Tiempo no operativo	**8,2**	**21**
			Total	**39,7**	**100**

Fuente. Elaboración propia



Figuras 264, 265, 266 y 267. Gráficos de distribución de tiempos. Parcela 01_Barranca Honda

5.12.3.4. Desembosque

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados obtenidos para la fase de desembosque. En ella se expone, para cada una de las máquinas utilizadas, las distancias medias recorridas, el rendimiento medio obtenido y el coste por hectárea y tonelada, así como la pendiente media de trabajo.

Tabla 189. Resultados de los datos de desembosque. Monte Barranca Honda y Ballesteros

PARCELA	MÁQUINA	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	RENDIMIENTO (t/h)			COSTE MEDIO	
				MED	MIN	MAX	(€/ha)	(€/t)
01_Barranca Honda	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	130	>60	5,1	0,4	26,9	3.909	17
	Tractor oruga con cabrestante (LANDINI Trekker)	28	>60	3,1	1,2	6,2	4.920	21
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)[1]	1.753	12-30	4,6	2,3	7,4	4.220	21

Fuente. Elaboración propia

[1] El autocargador desembosca madera

Por otro lado, para cada tipo de maquinaria se ha obtenido un rendimiento medio en condiciones óptimas y bajo alguno de los factores limitantes.

Tabla 190. Rendimiento medio según condiciones. Monte Barranca Honda y Ballesteros

PARCELA	MÁQUINA	Nº CICLOS	SITUACIÓN	TIEMPO (h)	Nº PIES/ ESTÉREOS	RENDIMIENTO	
						(pies/h – st/h)	(t/h)
01_ Barranca Honda	Skidder con cable (TECFORM 500 Z)	563	Todos	159,2	752 pies	5 pies/h	5,1
		338	Óptimo	86,6	423 pies	6 pies/h	5,1
		225	No favorable	55,3	268 pies	6 pies/h	5,0
		92	Barro y lluvia	20,3	113 pies	6 pies/h	5,1
		133	Solo barro	35,0	155 pies	5 pies/h	4,8
	Tractor oruga con cabestrante (LANDINI Trekker)	6	Todos	1,8	7 pies	6 pies/h	3,1
		2	Óptimo	0,3	4 pies	15 pies/h	1,9
		4	No favorable	1,5	3 pies	2 pies/h	3,7
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410 B)	96	Todos	145,8	2.548 est[1]	18,7 est[1]/h	4,6
		81	Óptimo	122,1	2.136 est[1]	18,7 est[1]/h	4,6
		15	No favorable	23,8	412 est [1]	18,4 est[1]/h	4,6

Fuente: Elaboración propia

[1] En el caso del autocargador los estéreos hacen referencia a estéreos de madera

Según los datos reflejados con anterioridad hay que indicar que el skidder ha trabajado bien, incluso en los días de lluvia y barro. Esto es debido a que para el desembosque se ha utilizado como apoyo un camino de gran estabilidad con lo cual se mantenía bastante bien la tracción. Los inconvenientes observados con esta máquina han sido la falta de tracción en el desembosque de árboles de gran porte y la distancia de cableado, que ha sido excesiva. Esto se podría haber subsanado con una ampliación de la infraestructura de saca y la habilitación de zonas de procesado en el monte.

A pesar de ello, y dadas las características de esta zona de trabajo (pendiente, características de la masa) el skkider es la única maquina que puede realizar este trabajo.

Por otro lado, aunque el tractor oruga ha dado rendimientos, en pies/h, ligeramente superiores al skidder, ya que los árboles que ha desemboscado han sido de menor diámetro y cercanos al camino. Esto se ratifica con los rendimientos en toneladas/hora, observándose que el del skidder es superior al tractor oruga.

Además, el desembosque con tractor oruga de árboles de mediano porte, incluso cercanos a camino, ha ocasionado multitud de problemas como pérdidas de tracción, rotura de cable, etc. con el consecuente riesgo para el personal implicado en las tareas de desembosque. Por ello se optó por dejar de trabajar con el tractor oruga.

En cuanto al transporte a parque de astillado con el autocargador doble eje (TIMBERJAK 1410B), los rendimientos obtenidos están muy por debajo de lo esperado, lo que en principio se debe a la elevada distancia recorrida hasta el parque de astillado, en torno a los 908 m. Para minimizar esta bajada de rendimiento para una máquina de estas características, se debería haber contado con un parque de astillado más cercano, aunque las características del terreno no lo han permitido.

Por otro lado, como puede apreciarse en la **Tabla 190**, los rendimientos no se ven afectados de forma significativa por el barro y lluvia. En el caso del skidder y autocargador los rendimientos son prácticamente iguales tanto en condiciones óptimas como en condiciones no favorables. En el tractor oruga, aunque en principio pueda parecer que el barro y lluvia afectan al rendimiento, pues se pasa de 15 pies/hora a 2 pies/hora, en términos de tonelada/hora los rendimientos son de 1,9 y 3,4 tonelada/hora respectivamente, lo que viene a indicar que se ve más influenciado por el diámetro de los pies desemboscados que por la lluvia o el barro.

En el caso del skidder con cable (TECFORM 500 Z) y el autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B) ha sido posible establecer un modelo de regresión que explica la relación entre la distancia de desembosque (m) y el rendimiento (t/h). En las siguientes figuras puede observarse como el rendimiento disminuye conforme aumenta la distancia de desembosque y se trabaja en condiciones desfavorables. No ha podido obtenerse un modelo para el tractor oruga con cabestrante (LANDINI Trekker) por el bajo número de ciclos de trabajo (ver **Tabla 190**).

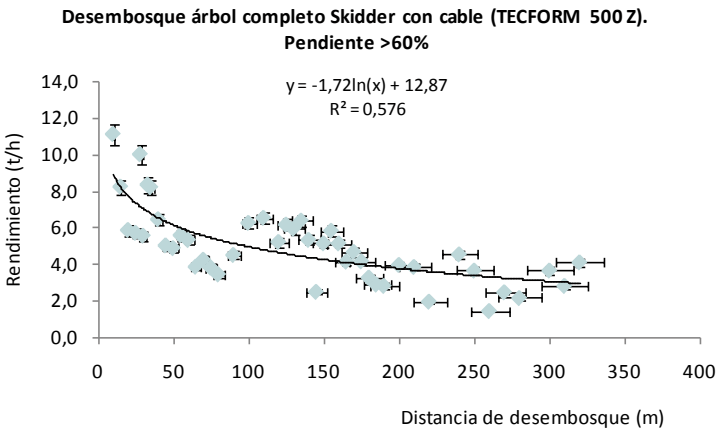


Figura 268. Gráfico de dispersión. Parcela 1_Barranca Honda.
n = 46

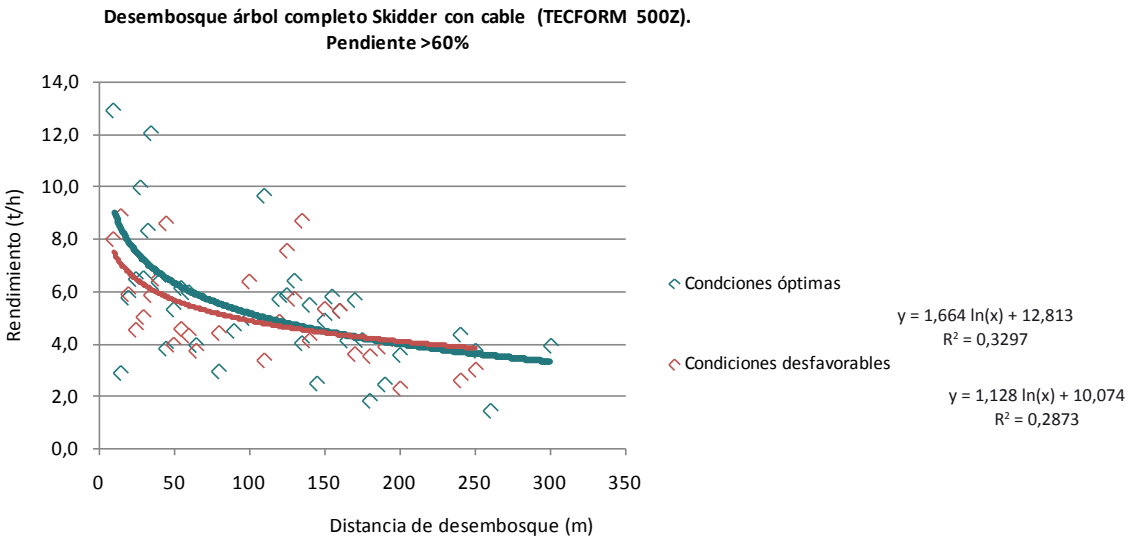


Figura 269. Gráfico de tendencia. Parcela 1_Barranca Honda. $n_{óptimas}$ = 37, $n_{desfavorable}$ = 27

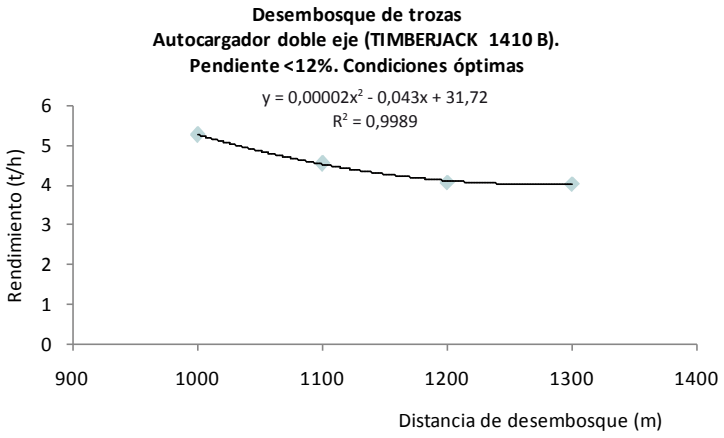


Figura 270. Gráfico de dispersión. Parcela 1_Barranca Honda.
n = 4

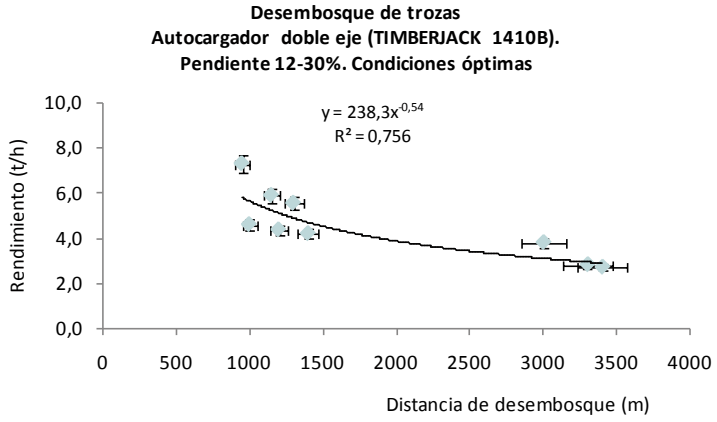


Figura 271. Gráfico de dispersión. Parcela 1_Barranca Honda. Condiciones óptimas.
n = 9

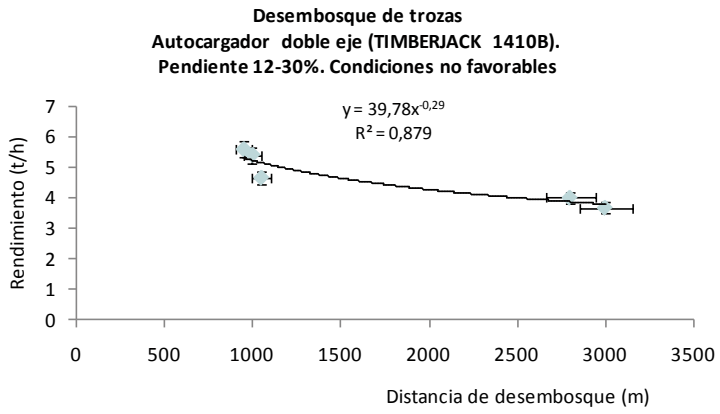


Figura 272. Gráfico de dispersión. Parcela 1_Barranca Honda. Condiciones desfavorables.
n = 5

Tabla 191. Rendimiento (pies/h) en función de la distancia de desembosque (m) y la pendiente. Monte Barranca Honda y Ballesteros

PARCELA	MÁQUINA	PENDIENTE MEDIA (%)	DISTANCIA MEDIA (m)	SITUACIÓN	DISTANCIA (m)	RENDIMIENTO (t/h)			Nº CICLOS	ECUACIÓN	R^2
						MED	MAX	MIN			
01_ Barranca Honda	Skidder con cable (TECFORM 500 Z) AC*	>60%	135	Favorable	0<d≤100	5,9	23,7	1,1	91	Rto (t/h) = --1,723ln(d) + 12,87	0,5764
					100<d≤200	5,1	18,6	0,5	239		
					200<d≤300	4,1	11,4	0,6	37		
			120	No favorable	0<d≤100	5,4	26,9	1,4	106		
					100<d≤200	4,9	22,9	1,3	90		
					200<d≤300	3,1	6,7	1,0	27		
	Tractor oruga con cabestrante (LANDINI Trekker) AC*	>60%	35	Óptima	35	1,9	2,5	1,2	2		
			24	No favorable	20-30	3,7	6,2	1,3	4		
	Tractor oruga con cabestrante (LANDINI Trekker) C*	>60%	35	Óptimo	35	1,4	2,1	0,6	4		
	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410 B)	<12%	1.065	Óptima	1000 < d ≤ 1300	5,0	6,5	3,4	23		
		12-30%	2.125	Óptima	950 ≤ d ≤ 1400	5,0	7,4	2,6	25	Rdto (t/h) = $238,35d^{-0,541}$	0,756
					3000 ≤ d ≤ 3400	3,6	2,3	4,6	25		
			1.917	No favorable	950 ≤ d ≤ 1050	5,3	7,3	3,3	8	Rto (t/h)= $39,787d^{-0,294}$	0,879
					2800≤ d ≤ 3000	3,7	4,4	3,3	7		

Fuente. Elaboración propia
*AC: Árbol Completo, C: Copas

Puede observarse de forma clara en el caso del skidder como disminuye el rendimiento a medida que se aumenta la distancia y la pendiente. Por otro lado, tal y como se comentó en apartados anteriores en el caso del tractor oruga, el rendimiento se ve mucho más influenciado por el diámetro de los pies desemboscados que por el barro y la lluvia.

En cuanto al autocargador, en apartados anteriores se ha podido observar como los valores medios de rendimiento no se veían influenciados por el barro y la lluvia. En cambio, se comprueba que el rendimiento se ve afectado por la distancia de desembosque ya que siempre trabaja en camino. Así para una misma pendiente, 12-30%, aún trabajando en condiciones desfavorables, el rendimiento es ligeramente superior. Esto se debe a la distancia, inferior que trabajando en condiciones óptimas.

5.12.3.5. Astillado

En la **Tabla 192** se presentan los resultados obtenidos para el astillado: el rendimiento medio y coste por hectárea y tonelada.

Tabla 192. Rendimiento (t/h) en las operaciones de astillado. Monte Barranca Honda y Ballesteros

PARCELA	MAQUINARIA	RENDIMIENTO		COSTE	
		(trozas/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)
01_Barranca Honda	Astilladora sobre chasis de ruedas, remolcada y alimentada con giratoria (MORBARK)	63	7,0	639	15

Fuente. Elaboración propia

Según los datos reflejados se ha de indicar que la astilladora ha trabajado de modo eficiente. Se trata de un equipo de pequeñas dimensiones que es capaz de pocesar pies de hasta 35 cm de diámetro. Presenta otra cualidad interesante, y es que gracias a su relativamente escaso tamaño puede llegar a desenvolverse bien en espacios con poco espacio disponible.



5.12.4. Discusión y conclusiones sobre los rendimientos

En la **Tabla 193** se presenta un resumen de todos los datos obtenidos con anterioridad, de tal manera, que se pueda obtener resultados sintetizados del aprovechamiento llevado a cabo tanto en condiciones óptimas como en no favorables.

Tabla 193. Rendimiento (t/h) y costes de extracción aprovechamiento biomasa forestal. Monte Barranca Honda y Ballesteros

PARCELA	SITUACIÓN	MÁQUINA	RENDIMIENTO		COSTE		
			(pies/h – est/h)	(t/h)	(€/ha)	(€/t)	(€/t)
01_Barranca Honda	Óptima	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	6 pies/h	5,1	3.883	16	52
		Tractor oruga con cabrestrante (LANDINI Trekker)	15 pies/h	1,9	8.073	34	
		Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410 B)	18,7 est/h	4,6	4.210	21	
		Astilladora sobre chasis de ruedas, remolcada y alimentada con giratoria (MORBARK F18 Urricane)	63 trozas/h	7,0	639	15	
	No favorable	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	6 pies/h	5,0	3.916	17	53
		Tractor oruga con cabrestrante (LANDINI Trekker)	2 pies/h	3,7	4.116	17	
		Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410 B)	18,4 est/h	4,6	4.274	21	
		Astilladora sobre chasis de ruedas, remolcada y alimentada con giratoria (MORBARK F18 Urricane)	63 trozas/h	7,0	639	15	

Fuente. Elaboración propia

Nota: En el Skidder (TECFORM 500Z) y el tractor oruga con cabestrante (LANDINI Trekker) se ha indicado solo el coste de saca de árboles completos.

A la vista de la tabla se deduce que es más ventajoso económicamente y en rendimiento el skidder (TECFORM 500Z) frente al tractor oruga con cabestrante (LANDINI Trekker) y que la presencia de barro y lluvia no afecta de forma apreciable en el coste total en €/tonelada ya que se trabaja principalmente apoyado en camino con buen firme y sin problemas de adherencia.

Se ha comprobado que el rendimiento del autocargador no ha sido el esperado debido a la elevada distancia recorrida hasta llegar al parque de astillado. Es posible, por tanto, que la metodología idónea hubiera sido el triturado del material en la zona de procesado o primer desembosque. No obstante, hay que tener en cuenta las fuertes pendientes presentes en la zona, lo que unido a la falta de espacio obligaría a una organización muy estricta y meticulosa de los trabajos de astillado y desembosque para no colapsar la zona de trabajo.

Como conclusiones al método empleado cabe señalar las siguientes:

- El apeo no hubiese sido posible realizarlo de forma mecanizada por las características propias de la parcela.
- Hubiese sido recomendable ampliar las vías de saca en el interior de la parcela con el fin de minimizar la distancia de cableado y por lo tanto, maximizar el rendimiento. Esta labor no hubiese resultado complicada debido a que el terreno estaba aterrazado.

- Hubiese sido recomendable habilitar una zona de acopio de material (parque de astillado) para minimizar la distancia de desembosque y así aumentar los rendimientos del autocargador. Sin embargo, hubiese supuesto un movimiento de tierra considerable.

- En cuanto al astillado no hay alternativa a la opción planteada en la parcela de muestreo, por lo que se considera correcta.





6

Resumen de resultados

Introducción
Hacia una selvicultura orientada al aprovechamiento de la biomasa
Cargaderos
Apeo
Desembosque
Astillado
Resumen de Métodos

6.1. Introducción

Las experiencias que dan lugar a este trabajo se han realizado entre los meses de noviembre de 2010 y abril de 2012, y son el fruto de la ejecución de dos proyectos demostrativos sobre extracción de biomasa bajo diferentes condiciones selvícolas, ambientales y de disponibilidad logística.

La medición de tiempos y el seguimiento de los indicadores recopilados han sido realizados de modo sistemático con la finalidad de obtener información exhaustiva sobre la ejecución de los trabajos forestales.

Los trabajos desarrollados constituyen un conjunto de casos prácticos que contribuyen a mejorar la planificación de futuras actuaciones relacionadas con la producción y extracción de biomasa forestal. Las referencias sobre rendimientos y costes bajo distintas condiciones de trabajo y en el marco de procedimientos de trabajo alternativos pueden guiar a la toma de decisión en el diseño de otros proyectos, ayudando a las recomendaciones que se deriven de las experiencias propias de técnicos y gestores, así como las procedentes de otras referencias.

Los datos de este trabajo complementan a otras publicaciones (Nieto Ojeda, 2007; Tolosana et al, 2009, etc.), aunque no son estrictamente comparables. No se ha seguido un planteamiento metodológico propio de ensayos científicos bajo condiciones controladas y comparables porque las diferentes alternativas han de evaluarse en el contexto de las características particulares de cada uno de los aprovechamientos (atributos selvícolas, ecológicos, ambientales, logísticos, etc.).

Los costes han sido calculados en función de las tarifas TRAGSA 2011. Todos los trabajos, excepto los ubicados en Córdoba, han sido ejecutados por la Agencia de Medio Ambiente y Agua que, a su vez, ha contratado las diferentes máquinas y equipos a empresas del sector. En el monte Caballeras, de Córdoba, el trabajo ha consistido en el control de tiempos de operaciones realizadas por empresas privadas. En este sentido, no se ha evaluado el efecto sobre los costes de factores como los distintos modos de organización empresarial o el tipo de propiedad y disponibilidad de los equipos. Es previsible que los costes hubieran sido diferentes en el caso de que los trabajos hubieran sido ejecutados directamente por empresas de servicios especializadas, así como puede que se produjesen variaciones de importancia en función del régimen de propiedad de los equipos. Estas diferencias no serán sólo cuantitativas, si no también cualitativas dado el diferente resultado económico de modalidades como la disponibilidad de maquinaria propia o el alquiler puntual.

La explotación de la biomasa conlleva complicaciones logísticas y organizativas adicionales en relación con otros aprovechamientos forestales. Si bien parte del equipo necesario en los procesos de extracción forman parte del utillaje usual en los aprovechamientos madereros, es recomendable emplear equipos específicos o bien adaptaciones de los preexistentes para mejorar el rendimiento de la extracción de biomasa. Especialmente en el caso de los autocargadores, astilladoras y camiones de gran capacidad, esto exige una meticulosa planificación de las operaciones que garantice la correcta coordinación entre el conjunto de máquinas que compongan el parque disponible. En cualquier caso, siempre pueden tener lugar incidencias de última hora y circunstancias sobrevenidas que obliguen a reconsiderar la planificación de los trabajos.



6.2. Hacia una selvicultura orientada al aprovechamiento de la biomasa

Los criterios de corta han sido, por lo general, los establecidos en las orientaciones de la ordenación de los montes objeto de intervención. Este criterio ha sido matizado en algunos casos en el diseño del proyecto de actuación tras el estudio en detalle de la situación real de la masa.

La intensidad de los tratamientos de corta ha variado entre el 15% y el 100% correspondiente a una corta final de pino insigne en Barranca Honda (Pujerra). Se han llevado a cabo clareos y claras que en ocasiones han llegado al 75%. Esta intensidad se justifica por la situación de partida de algunos de estos montes: repoblaciones forestales de una edad superior a 30 años que en ocasiones no habían recibido ningún tratamiento intermedio, con densidad excesiva (habitualmente por encima de 1.000 pies/ha), con los pies frecuentemente ahilados, las copas trabadas y en una situación próxima al estancamiento vegetativo, cuando no en las primeras fases del decaimiento.

En los montes en donde la disposición de las repoblaciones sigue un marco regular, por líneas de plantación, este peso de corta aporta una solución racional que previsiblemente contribuirá al desarrollo posterior de la formación forestal: un ejemplo de ello sería la intensidad de corta del 75% en el monte "Grupo Ordenado de Almonte", correspondiente al apeo de una hilera de cada dos y de árboles alternos en la hilera restante, lo que reduce considerablemente la tangencia de copas en todo el rodal. En ocasiones, esta intensidad puede incluso verse aumentada ante situaciones de partida de muy alta densidad. Un ejemplo de ello lo tenemos en algunos rodales del monte "Los Engarbos", donde se han eliminado todos los pies de pino negral que vegetaban fuera de estación, y por tanto presentaban un desarrollo muy deficiente, mejorando de este modo el estado vegetativo de la masa resultante.

Bajo otras conformaciones, con un arbolado que se presenta en un marco más irregular, el clareo o clara sistemática no es viable y hay que practicar un aclareo selectivo, pie a pie. Esta entresaca puede tomar la forma de una clara por lo bajo intensa que cumpla el mismo objetivo de reducir la competencia de los árboles remanentes.

Altos pesos de corta suponen reducir los costes unitarios de extracción. Este tipo de intervenciones también se justifican al tener que resolver la tesitura técnica de no poder ajustarse a la periodicidad de los tratamientos que resultarían de la aplicación de la selvicultura consolidada para este tipo de formaciones forestales. Esto ocurre, por ejemplo, cuando no es posible cumplir estrictamente los planes de mejora y los planes de aprovechamiento que se marcan como itinerario en la ordenación de este tipo de montes, ya sea debido al desajuste de las inversiones, ya sea por la imposibilidad de desarrollar en tiempo y forma los procedimientos que dan lugar a los aprovechamientos. Como consecuencia de ello, en el momento de la actuación selvícola, la evolución del arbolado está alejada de lo previsto en la ordenación, no coincidiendo el estado previsto según la planificación con la situación real del monte. En este tipo de situaciones, en el momento en que se plantea una intervención real se debe hacer frente a crecimientos acumulados y arquitecturas de la masa que no corresponden con lo planificado. Ello obliga a incorporar criterios técnicos adicionales a los que se tuvieron en cuenta en la ordenación y a contrastar la situación actual del arbolado y su evolución previsible tras la actuación con las posibilidades reales de inversión y el retorno económico esperado del aprovechamiento. Huelga recordar que en el contexto de la gestión forestal sostenible de unas formaciones forestales multifuncionales, garantizar su perdurabilidad debe ser un criterio orientador crítico, evitando situaciones indeseables como árboles ahilados excesivamente aislados que estén más expuestos a las inclemencias atmosféricas (nevadas, temporales), reducción excesiva de la fracción de cabida cubierta que tenga efectos perjudiciales sobre el suelo o la comunidad biótica, o cualquier otra que comprometa excesivamente la persistencia de la masa.

En ciertas circunstancias, por el contrario, una reducción sustancial de la cobertura arbórea puede formar parte de las finalidades de la intervención selvícola. Este puede ser el caso de actuaciones destinadas a la creación de claros o áreas de amortiguación que pueden cumplir distintas funciones, en ocasiones convergentes: infraestructuras para la prevención de incendios, apertura de claros para favorecer el

pastizal, puestas en luz a escala de rodal o bosquete para promover la regeneración de otras formaciones vegetales una vez que el pinar ha cumplido su papel de vegetación nodriza en las primeras etapas de la reconstrucción de los ecosistemas, naturalizaciones de pinares en su sentido más amplio, etc. En estos casos, la selvicultura estará orientada a lograr el cumplimiento de una o varias de las funciones del monte mediterráneo: cobijar biodiversidad, consolidar ecosistemas funcionales, o promover el aprovechamiento cinegético. Muchas de estas funciones tienen el carácter de servicios ambientales y son de difícil cuantificación económica, pero se podrían ver muy favorecidas por la aplicación racional de una selvicultura orientada a la obtención de la biomasa que, a su vez, actúe en la línea de reforzar la multifuncionalidad del monte menditerráneo.

Si bien en este trabajo no se ha planteado ninguna experiencia de este tipo, estos casos presentarán diferentes intensidades de actuación, con algunos rodales o subrodales en donde puedan darse lugar a cortas prácticamente a hecho, aunque a escala reducida, mientras que en otros pueda ser planteable la no intervención. Este tipo de modelos exigirá un esfuerzo adicional en la fase de diseño del proyecto, máxime si se incorporan los criterios asociados a la ejecución eficiente de los trabajos de extracción de biomasa (aspectos logísticos, de rendimientos, operativos, etc.).

Siendo el punto de partida la aplicación de los mejores criterios técnicos selvícolas orientados a la gestión forestal sostenible del monte (resueltos en el proyecto de ordenación correspondiente), se plantea el interrogante de si es posible particularizar estos criterios para el aprovechamiento de la biomasa. De otro modo: las disciplinas forestales han tenido históricamente una marcada orientación hacia el aprovechamiento maderero, lo que se ha puesto de manifiesto en los criterios técnicos, tecnológicos y económicos que se han aplicado, desde las características de los posibles productos enajenables hasta el modelo de árbol futuro hacia el que se encaminaban el ritmo e intensidad de las actuaciones. Encontramos pues una nueva orientación productiva como es la biomasa (aunque quizás sería mejor calificarla como renovada, dado que la biomasa, más concretamente en forma de leñas, ha sido un aprovechamiento histórico de nuestros montes), que cuenta con peculiaridades importantes como no ser tan exigente en la calidad del producto extraído, y en el que el rendimiento de los equipos es muy sensible a la cantidad de material extraído. Parece lógico por tanto plantear un selvicultura adaptada a nuevas condiciones, sin que ello signifique renunciar a los objetivos esenciales de la gestión forestal sostenible. No tendría sentido, por ejemplo, aplicar técnicas o procedimientos que tengan por fin logar árboles con características tecnológicas innecesarias; por el contrario, podría tener sentido tomar decisiones como reducir el turno de corta, siempre que las características selvícolas y ecológicas lo permitieran.

Una selvicultura que tenga en cuenta la biomasa debe ser, obligatoriamente, prudente y especialmente sensata. La presión de la escala del trabajo (a mayor cantidad de biomasa extraída, mejor rendimiento y mayor rentabilidad) puede suponer el riesgo de adoptar decisiones contraproducentes desde el punto de vista de la subsistencia del ecosistema forestal. Lo mismo puede decirse en cuanto a la intensidad de la ejecución de los trabajos y a su desarrollo, si se llevan a cabo implicando sacrificios innecesarios y gratuitos para los demás componentes del ecosistema forestal.



6.3. Cargaderos

La disponibilidad y características de los cargaderos son elementos determinantes del aprovechamiento integral de la biomasa, condicionando no sólo los aspectos logísticos sino la propia organización del aprovechamiento en sí. En este trabajo no sólo han influido decisivamente sobre el rendimiento de los procedimientos planteados, si no que han contribuido a definir las alternativas existentes en cada monte en la fase de diseño de las actuaciones.

En general, en casi todos los montes la disposición de los cargaderos ha sido uno de los aspectos más sensibles del proyecto. Se han ubicado en áreas cortafuegos, con el debido permiso de los responsables de prevención (Grupo Ordenado de Almonte, Barranca Honda y Ballesteros), en ampliaciones preexistentes o construidas al efecto en pistas forestales (Poyo de Santo Domingo), en rasos del monte que presentasen determinadas características de acceso y explanación (Los Engarbos, La Espartosa), o si no había otra alternativa, en apartaderos de carreteras próximas, intentando minimizar las distancias de transporte (Sierra Blanca).

Como acciones preparatorias, se ha procedido a allanar y limpiar la superficie del cargadero, mejorando en caso necesario sus accesos. En cuanto a las dimensiones, y aunque evidentemente es la superficie total el factor de mayor relevancia a la hora de alojar la biomasa y permitir su proceso, hay que señalar la importancia que tiene la anchura de los cargaderos para permitir una adecuada organización de los trabajos, teniendo en cuenta que puede darse el caso de tener que utilizar hasta tres o cuatro equipos simultáneamente (trituradora o astilladora+vehículo tractor, grúa de alimentación y camión en carga). En cualquier caso, las dimensiones dependen de la cantidad y tipo de biomasa a almacenar (fustes, árbol completo, fustes) y habrá de ser tanto mayor cuanto menor sea la capacidad o seguridad de poder coordinar adecuadamente la trituración con la entrada de material y la salida de astilla procesada. Las dimensiones de los cargaderos están también en estrecha relación con la pérdida de humedad que se pretenda obtener antes de su entrega en planta, ya que en términos generales una pérdida de humedad supone un mejor precio conjunto.

Un modelo de cargadero racional ha sido el de Poyo de Santo Domingo. Contaba con una anchura de 12-15 metros que permitía el desenvolvimiento desahogado de la astilladora. El autocargador volcaba los árboles en pie en pilas a lo largo del cargadero, con la coz (parte del tocón) orientada a la tolva de alimentación de la astilladora que se iba desplazando en paralelo a las pilas conforme iba procesando el material.

En general, la falta de adjudicatario de la astilla generada en el momento de su procesado ha impedido la carga directa a camión desde la astilladora, que es el procedimiento idóneo siempre y cuando exista disponibilidad suficiente de espacio y de vehículos de transporte, de manera que no se interrumpa en ningún momento el proceso de astillado y se evite la intervención de maquinaria específica de carga a camión.

Por otra parte, en los cargaderos se ha procurado formar pilas independientes para los árboles completos y ramas, las trozas (en el caso de haber sacado este tipo de material) y la astilla. Es fundamental disponer el material ordenado, de manera que la alimentación de la astilladora se haga del modo más eficiente posible, evitando tiempos muertos y ajustando los parámetros – en los equipos que lo permitan – de manera que se optimice el proceso de astillado o triturado.

En el caso extremo de Barranca Honda y Ballesteros, en Málaga, las características del acceso al rodal de actuación impedían la ubicación de cargaderos. Por ello el emplazamiento final motivó distancias de desplazamientos muy elevadas y su reducido tamaño impidió contar con una superficie amplia para el almacenamiento de material para astillar, y posteriormente astillar, lo que repercutió severamente en la logística de todo el proceso. Bajo estas circunstancias, la coordinación entre las distintas fases de los trabajos resulta aún más importante para evitar paradas e imprevistos.

En el monte Poyo de Santo Domingo uno de los cargaderos se situaba al final de una pista con una pendiente muy elevada (>45%) cuyo tránsito se veía aún más dificultado en días de lluvia. Esto obligó a que la astilla fuera sacada del monte con tractor y remolque.

6.4. Apeo

Las características de los montes de estas experiencias ayudan a explicar el mejor rendimiento del apeo manual en comparación con el apeo mecanizado.

Esto se debe a un conjunto de circunstancias confluyentes. Por una lado, son montes con un alto grado de heterogeneidad, en los que las procesadoras o taladoras-apiladoras deben realizar gran número de maniobras de traslado y de posicionamiento que encarecen el proceso. El relieve también es un factor limitante para la utilización de estos equipos, especialmente cuando los árboles no se presentan bajo una disposición regular.

Todo ello contribuye a que el uso de pequeñas motosierras manuales agilice la operación de apeo, disminuyendo el consumo de combustible y mejorando los rendimientos del proceso conjunto. En el trabajo se han obtenido rendimientos que han llegado a oscilar entre 3 y 24 t/h (Los Engarbos), en función de las condiciones del monte y de la masa, pero teniendo como factor determinante la experiencia y pericia del operario, y estando especialmente influida por la presencia de barro u otros factores que dificulten el tránsito.

El apeo manual ha mostrado también una buena respuesta en los procedimientos que incluían algún tipo de preparación del árbol apeado, tales como el tronzado, el desramado o el descopado, e incluso como apoyo al apeo mecanizado.

Se ha utilizado cizalladora sobre tractor de alta estabilidad en Los Engarbos, y procesadora giratoria en los montes Los Engarbos y Poyo de Santo Domingo. En términos generales los rendimientos obtenidos han sido similares o levemente superiores a los obtenidos en el apeo manual, pero teniendo en cuenta el precio horario del equipo el coste no ha sido tan favorable. En cualquier caso, sólo circunstancias de elevadas densidades de corta y fácil transitabilidad, o la conveniencia de procesar in situ los pies para generar distintos productos aconsejan el empleo de este tipo de maquinaria.

Una cuestión muy relevante a tener en cuenta en el apeo de los árboles es la disposición de los mismos una vez cortados, de manera que se optimice el rendimiento de la fase posterior de apilado y desembosque. Cuando la corta se ha realizado por calles, como en Los Engarbos, los árboles se han apeado encarando la coz hacia la calle de tránsito del tractor o skidder. En las cortas de selección, más similar a una entresaca, además de tener en cuenta en el apeo la dirección natural de caída del árbol y la inexistencia de obstáculos, el motoserrista ha tratado de situarlos en una posición que facilitara el desembosque por parte de vehículos motorizados (o de arriería en el caso del Poyo de Santo Domingo). En estas condiciones, siempre ha habido un cierto número de árboles que se han trabado, considerable en algunos momentos, lo que ha supuesto pérdidas de tiempo adicionales para desengarbarlos, y lo que es más importante, generado situaciones de riesgo.

En cuanto a la organización conjunta del trabajo, el rendimiento de los motoserristas viene a ser unas tres veces inferior al de los equipos de desembosque y desembosque y astillado, circunstancia que hay que tener especialmente en cuenta a la hora de la coordinación de los diferentes equipos.

En cualquier caso, la integración de operaciones es, sin embargo, una opción deseable y que conllevaría una reducción sustancial de costes siempre que la conformación del monte permitiera la maniobrabilidad y coordinación de los equipos.



6.5. Desembosque

En una primera aproximación, de los tres métodos de desembosque probados (árbol completo, fuste más copa y fuste más ramas), se ha observado que resulta más ventajoso el primero de ellos. Cuando se realiza el desembosque del árbol completo los tiempos dedicados a las actividades de carga y descarga disminuyen sensiblemente porque solo se debe realizar un enganche y desenganche, mientras que en el resto es necesario realizar varios. El desembosque de copas a grandes distancias disminuye notablemente el rendimiento, ya sea con autocargador o con tractor oruga. En conjunto el desembosque de copas desde los rodales de actuación hasta un cargadero principal puede llegar a suponer un coste de hasta 79 €/t (Poyo de Santo Domingo, Jaén), lo que evidentemente hace inviable económicamente el proceso.

Por otra parte, la reunión de material de manera previa mejora sensiblemente el rendimiento del desembosque, pero a su vez supone un incremento del coste en 36-47 €/t (Los Engarbos, Jaén), por lo que puede resultar un sobrecoste inasumible en algunas situaciones.

El aprovechamiento conjunto madera-ramas, tercer método, condiciona sensiblemente algunos costes. En este sentido el desembosque de material no maderable (por menor densidad lineal en la vía de saca), pasa a ser más costoso incluso que el de copas ya que obliga a mayor número de operaciones de carga y descarga.

El uso de arriería en esta tarea encarece bastante el proceso de extracción de biomasa en el monte, con un valor de entre 21 €/t (Majadas de Ronda, Málaga) a 35 €/t (Poyo de Santo Domingo, Jaén). Este medio de desembosque condiciona especialmente las primeras operaciones de apeo, ya que se deben tronzar los árboles en un número elevado de trozas para que estas puedan ser cargadas. A su vez, el aumento del número de trozas condiciona las tareas de carga, descarga, enganche o desenganche tanto en el desembosque como en el astillado. No obstante, en diámetros pequeños en que no es necesario el tronzado resulta rentable desemboscar con arriería, viéndose el coste reducido a unos 7 €/t (Poyo de Santo Domingo, Jaén).

En general el desembosque previo hasta un parque intermedio incrementa el coste, pero en determinadas circunstancias (bajo cubiertas de alta densidad, en que se necesita la apertura de espacios para la maquinaria interviniente, además de destrabar los pies del apeo) puede resultar necesario. El coste puede verse aumentado hasta en 26 €/t (Campo Común de Arriba, Huelva), por lo que resulta recomendable suprimir este desembosque –especialmente si es de largo recorrido- habilitando un parque limítrofe o a la menor distancia posible, de manera que se pueda realizar el transporte con autocargador. Este equipo es recomendable por presentar mejores prestaciones en distancias cortas. La opción de un autocargador compresor para este tipo de pies con copas formadas y abiertas resultaría ventajoso ya que el coeficiente de apilado mejoraría, permitiendo reducir el número de viajes.

Cuando se ha realizado desembosque intermedio con skidder las diferencias de coste han alcanzado hasta 20 €/t (Sierra Blanca, Málaga) motivadas por el procedimiento de trabajo empleado: el coste es mayor cuando el skidder realiza la saca de los pies apoyado en camino - siendo el operario el que tiene que realizar el arrastre del cable, con una distancia media de 25 metros - que si se desplaza por la masa, a través de los raspaderos y vías de saca, siendo por lo tanto la distancia de cableado menor para el operario, a pesar de que la distancia que recorra el skidder sea mayor.



6.6. Astillado

Una de las decisiones más relevantes en el planteamiento de un aprovechamiento de biomasa es determinar cuál será el producto final que se transporte hasta el centro de consumo. Dependiendo de factores como la distancia, el tipo y estado de las vías o la disponibilidad de vehículos de transporte se puede plantear la puesta a disposición de material en bruto (árboles enteros, ramas y fustes), material triturado o astillas ('chips'), de diverso tamaño y calidad.

Un elemento determinante es la densidad aparente o volumen ocupado por cada tipo de material. El grado de compactación de los árboles enteros y de las ramas puede llegar a ser del orden de 8 veces inferior al de las astillas. Por otro lado, el transporte y manipulación de un elemento fácilmente apilable como las astillas es mucho más fácil y cómodo que el de otros materiales más voluminosos. Para estos últimos se recurre a sistemas de empacado o aprisionado del material, de manera que ocupe menos volumen y su manejo tenga más facilidad. El triturado de las ramas mediante desbrozadora es una opción que puede ser valorable, aunque hay que tener en cuenta que se deben incluir operaciones de apilado y recogida del ramaje triturado, lo que encarece un proceso a priori más barato que el astillado. Este procedimiento puede ser una alternativa en el caso de un aprovechamiento mixto madera-ramas, en donde éstas últimas reciban este tratamiento previamente a su transporte final.

Usualmente, la distancia entre los montes objeto de aprovechamiento y el centro de destino hará inviable opciones alternativas a la extracción final del monte de astillas. Se puede plantear procesar la biomasa en el monte o bien en cargadero. En el primer caso, será posible barajar diferentes alternativas en función del momento en que se hace el astillado. En términos generales, cabe indicar que el proceso de reducción de volumen (trituración o astillado) es tanto más ineficiente, y por ende, tiene mayor coste, cuanto más cerca se realice del árbol en pie. Por otra parte, el coste de transporte es menor cuanto más procesado se encuentre el material. Del equilibrio entre estos dos factores contrapuestos surge la definición del proceso en cada circunstancia: al astillado a pie de árbol es mucho más caro, pero permite una reducción de costes de transporte desde mucho antes, en tanto que la trituración en grandes parques es mucho más eficiente (barata) pero a cambio de tener que asumir un gran coste de transporte de material en bruto hasta ese punto.

La elección del procedimiento concreto de astillado depende de numerosos factores que hemos tratado de ilustrar en estas experiencias. En cualquier caso, dadas las características básicas del proceso de astillado (con un rendimiento en general superior de 4 a 8 veces al del apeo y desembosque), así como la ya mencionada reducción de costes en trituradoras o astilladoras de alta capacidad, aún a costa de menor maniobrabilidad, hacen altamente recomendable acopiar material en parques o cargaderos para ser astillado en conjunto.

El astillado de árbol completo ha sido uno de los sistemas de trabajo más eficientes. En este caso, es preciso evaluar previamente la altura de los árboles, dado que si supera la longitud de transporte de la caja del autocargador, será preciso realizar un corte adicional en la fase de apeo para descoparlo. Desde el punto de vista de los costes, la extracción del árbol completo ha resultado ser más ventajosa para el aprovechamiento de la biomasa debido a que hay que hacer menos operaciones y se incurren en menos tiempos intermedios. Además, la extracción de árbol completo a menudo se ajusta operativamente bien al tipo y conformación de los pies de pináceas procedentes de repoblaciones en clareos o claras, como se ha realizado en varias parcelas del proyecto.

Este tipo de astillado (árbol completo) puede ser realizado en el monte o en cargadero. En el primer caso puede realizarse con astilladora acoplada al tractor, habitualmente autoalimentada, y descargando sobre remolque que transporta la astilla a cargadero, o bien con astilladora autoalimentada sobre autocargador con contenedor específico. En el caso de astillado en parque o cargadero, es posible emplear equipos más eficientes (aunque menos móviles), habitualmente arrastrados o autoportantes, en los que es factible reforzar la alimentación con otros equipos, incluyendo las grúas de camiones o autocargadores.

En cuanto al astillado de árbol completo, pero sobre todo en el de ramas o copas, el reapilado previo mejora sensiblemente el rendimiento. Se trata de una operación eficaz, que consume poco tiempo y supone un aumento significativo en el rendimiento del astillado, al tiempo que previene de averías y daños ocasionados por materiales extraños, mejorando además la calidad de la astilla por menor presencia de de tierra. Llega a reducir en más de un 50% el coste de astillado, lo que puede llegar a compensar el sobrecoste generado por esta operación suplementaria.

En los trabajos que se han desarrollado el destino final de la astilla ha sido una central de generación eléctrica mediante biomasa. Si bien se ha tenido cuidado en obtener un producto final lo más uniforme posible, es esperable que en el futuro se fijen condiciones de calidad más estrictas que exijan cuidados adicionales en el manejo de la biomasa, previamente y con posterioridad al astillado. Las características del material final también variarán si las astillas están destinadas al mercado térmico, debiéndose adecuar en estos casos el astillado a la demanda de las empresas productoras de astillas finales o pellets.

Es de prever que en el futuro próximo cada vez será más importante adecuarse a parámetros de calidad en la producción en monte de las astillas, fundamentalmente en cuanto al tamaño, la homogeneidad y la cantidad de impurezas o material no deseable (hojas o acículas verdes). Estas exigencias supondrán la adición de utilidades al producto final y, con ello, serán un factor que intervendrá en el rendimiento operativo. Pero esta adición debería resolverse teniendo en cuenta la sensibilidad del coste a la incorporación de operaciones e, igualmente, al destino final del producto, que no es otro que ser quemado: en este sentido, cuanta más energía se incorpore – como resultado de procesos o traslados- a las astillas finales a lo largo del proceso en su conjunto, peor será el balance energético resultante.

En los trabajos realizados se han puesto de manifiesto algunas circunstancias importantes que afectan directamente a la calidad de la astilla. Algunas de ellas, como la suciedad debido a la incorporación de piedras, tocones, etc., también tienen importantes consecuencias sobre el coste del proceso de extracción puesto que puede aumentar considerablemente el número de paradas de los equipos de trabajo para labores de mantenimiento de las astilladoras. En el caso de trituradoras de martillos, el efecto inmediato de esta falta de limpieza del material a procesar es un aumento del desgaste de los elementos de percusión y, en su caso, de las rejas de salida, pero en las astilladoras de cuchillas (‘chipeadoras’) la presencia de piedras o elementos metálicos pueden provocar importantes desperfectos en plazos relativamente cortos, incluso en inicidentes aislados.

Es posible evitar, o al menos reducir la suciedad en el material que se lleva a astillar adoptando algunas precauciones y variando algunos procedimientos de trabajo. Del mismo modo que un reapilado previo al astillado puede mejorar el rendimiento significativamente, realizar el astillado móvil (‘in situ’) sin un apilado previo, directamente tras el apeo o el desramado, como en el caso de Ordenados de Almonte o Campo Común de Arriba, evita el contacto con el suelo de las ramas y fustes y, con ello, la posibilidad de que piedras y tierra se les adhieran. Verter la astilla directamente al remolque o camión también actúa en esta dirección, pero sobre todo supone que el total de la astilla generada es aprovechable, lo que no ocurre en el caso en que dicha astilla tenga que ser depositada sobre el suelo, ya que en ese caso la capa que está en contacto con la superficie debe ser descartada para evitar contaminación con tierra.

En todo caso, cuando el método incluye el apilado del material apeado, o el desembosque mediante el arrastre del material, aumentan las posibilidades de que entren impurezas en la tolva de alimentación de la astilladora. Son recomendables poner en práctica esquemas de trabajo que reduzcan esta posibilidad, como no apurar con la pala cargadora o la pinza las pilas, de modo que no se arrastre suelo entre las ramas. También entra dentro de la buena praxis adecuar la superficie donde se vayan a depositar las pilas de astillado limpiándola de piedras y otro material en el caso de que no se viertan directamente al vehículo de transporte a parque intermedio o central, reduciendo de este modo la capa contaminada.

Hay cuestiones relevantes sobre la calidad de la astilla que dependen en gran medida del manejo que se haga de las pilas y, especialmente, de la coordinación existente en las fases finales del aprovechamiento. La demora, especialmente si ocurre durante los meses de marzo a mayo, supondrá un aumento del riesgo de que las pilas se conviertan en focos de perforadores. Una velocidad de astillado reducida o una demora excesiva en el comienzo de la actuación da lugar a un amontonamiento excesivo de material en bruto que puede generar problemas de plagas, además de suponer acumulaciones no deseadas de combustible, con el riesgo que ello supone en determinadas épocas.

Por otra parte, es también de vital importancia la variación en el contenido en humedad, que puede estar en torno al 12-14% entre el árbol verde y la astilla procesada 3 meses después de la corta. Con esto decrece el riesgo de procesos de fermentación, se logra un mejor procesado de la astilla, que se obtenga astilla de mejor calidad (humedad, tamaño y homogeneidad) y además se destruyen las puestas o las larvas de perforadores, actuando la madera como pila cebo. En general los pies que se cortan y se apilan en el momento pierden menos humedad que si se dejan dispersos en el monte, de forma que actúan como pilas cebo y pierden humedad para antes del astillado. De este modo, y como se puede observar en las experiencias de Los Engarbos, si se corta en otoño y se astilla en primavera se puede reducir la humedad hasta en un 54% además de obtener un producto final de mayor calidad. Por otra parte, la reducción de humedad durante el proceso de astillado no resulta significativa.

Otro factor a considerar es la fracción total de biomasa extraída del monte. Es aconsejable dejar una fracción en la parcela para permitir restitución de nutrientes, especialmente en suelos poco fértiles como las arenas. Esto se pude lograr de modo más eficiente dejando las copas esparcidas, de modo que se de lugar a caída de la hoja, en donde se acumula la mayor porción de nutrientes.

Una vez que se han formado las pilas, pueden surgir problemas graves debido a la evolución del material astillado. Como restos biológicos que son, las astillas comienzan a experimentar procesos de descomposición, que pueden llegar a incluir combustiones internas por fermentación. Pero además de suponer un factor de grave riesgo de incendio, estas transformaciones implican la pérdida de potencial energético de la astilla, lo que podrá mermar su precio final. La mayor o menor incidencia de estos proceso de fermentación dependen de factores como la humedad inicial de la astilla, la temperatura ambiental o el tiempo de almacenamiento. Ante esta situación, es recomendable acelerar el transporte final de la astilla. También puede ser recomendable realizar labores de mantenimiento de las pilas, volteando la fracción superficial, de manera que se favorezca la aireación, disminuyendo por tanto las indeseadas fermentaciones.

Pero si el almacenamiento puede suponer un factor de empeoramiento de la calidad de la astilla cuando se producen fermentaciones, es una etapa del proceso de extracción de biomasa a tener en cuenta porque, bien dosificado y en las condiciones adecuadas puede poner a disposición de la central un producto con menor humedad que adquiera un mayor precio (para la biomasa con destino a la generación eléctrica calificada como b.6.1., la diferencia puede ser de un euro por tonelada y grado de humedad). En cualquier caso habrá que tenerse en cuenta que el secado mejora la calidad de la astilla, pero implica también una reducción en la cantidad en bruto efectivamente entregada, por lo que cada vez es más frecuente pagar por cantidades en base seca, o directamente por termias generadas, lo que elimina cualquier sesgo por razones de humedad.



6.7. Resumen de métodos

Para finalizar, en las tablas contiguas se muestra un resumen con la metodología más óptima obtenida en cada uno de los montes donde se ha llevado a cabo el proyecto demostrativo.

Tabla 194. Coste (€/t) por metodología (con apeo)

MÉTODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
CABALLERAS (Corta a hecho, *Pinus pinaster* y *P. pinea*, Pendiente 45%)					
AC	Apeo y procesado	Giratoria (JCB 210C) con cabezal procesador	11,7	10	24
F+C	Desembosque	Autocargador doble eje (VALMET 860)	-	10	
C	Astillado	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (JENZ HEM651DQ)	26,7	4	
BALDÍOS DE ALMONASTER (Corta 50%, *P. pinaster* y *P. pinea*, Pendiente 50-100%)					
AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	2,0	12	48
	Desembosque a cargadero	Skidder (CATERPILLAR 518)	5,1	17	
	Astillado	Astilladora (MORBARK) auxiliada por retroexcavadora	7,2	20	
GRUPO ORDENADO DE ALMONTE (Corta 75%, *P. pinea*, Pendiente 3%)					
AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	2,3	9	24
	Desembosque	Tractor remolque (EBRO 6125/4 DT)	5,5	8	
	Astillado "*in situ*"	Tractor neumático con astilladora y grúa (JOHN DEERE 8420)	12,7	7	
CAMPO COMÚN DE ARRIBA (Corta 24-45%, *P. pinea*, Pendiente 3-20%)					
MC/AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	1,7	14	44
	Astillado "*in situ*"	Tractor con brazo móvil (JOHN DEERE 8420) con astilladora (LINDANA TP-400)	9,0	7	
	Desembosque de trozas maderables	Autocargador (TIMBERJACK 1110C)	6,1	16	
	Desembosque de astilla a parque astillado	Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)	7,0	7	
LOS ENGARBOS (Corta 52-75%, *P. pinea*, Pendiente 0-50%)					
AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,7	5	30
	Desembosque a cargadero	Autocargador (JOHN DEERE 1010)	7,0	14	
	Astillado	Astilladora (MORBARCK M18 Hurricane)/CAT 307	9,0	11	
LOS ENGARBOS FASE II (Corta 23-24%, *P. pinaster*, Pendiente 0-30%)					
AC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	5,7	4	43
	Desembosque a cargadero	Tractor oruga con cable (FIAT 120C)	4,0	21	
	Desembosque a parque	Autocargador compresor (TIMBERJACK 1710)	5,5	8	
	Astillado en parque	Astilladora (CBI Magnum Force 6800)	50,7	10	
POYO DE SANTO DOMINGO (Corta 19%, *P. halepensis*, Pendiente 10%)					
F+C	Apeo	Giratoria (KOMATSU) con cabezal de procesado (TECFORM PC228)	4,5	26	57
	Desembosque	Miniretroexcavadora (TAKEUCHI TL150)	6,2	19	
	Astillado	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	2,3	26	

MÉTODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
POYO DE SANTO DOMINGO (Corta 22-73%, *P. nigra,* Pendiente 0-40%)					
AC	Apeo	Motosierra (STIHL 360)	3,2	7	26
	Reunión	Arriería	3,3	7	
	Desembosque a cargadero	Autocargador compresor (JOHN DEERE)	6,6	15	
	Astillado	Tractor forestal (VALTRA) con astilladora (ATICA)	3,7	16	
POYO DE SANTO DOMINGO (Corta 27-51%, *P. pinaster,* Pendiente 20-40%)					
AC Y F+C	Apeo	Motosierra (STIHL 360)	2,9	8	32
	Reunión	Miniretroexcavadora (BOBCAT S130)	8,9	13	
	Desembosque	Tractor neumático con cable (FIAT DT 80-66)	6,0	11	
	Desembosque a cargadero	Camión (MERCEDES)	2,5	26	
	Desembosque	Astilladora alto rendimiento (BANDIT)	13,2	8	
LAS MAJADAS DE RONDA Y EL BERRUECO (Corta 20%, Q.*suber,* Pendiente <15%)					
FC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,0	6	93
	Desembosque intermedio	Arriería	0,6	36	
	Desembosque	Tractor Autocargador (CASE 1255XL)	2,5	38	
	Astillado	Astilladora móvil remolcada (MORBARK Beever R20)	7,4	14	
LAS MAJADAS DE RONDA Y EL BERRUECO (Corta a hecho, *P. radiata,* Pendiente 0-60%)					
FC	Apeo	Motosierra (STIHL 026)	4,5	5	26
	Desembosque	Autocargador (TIMBERJACK)	9,1	11	
	Astillado	Astilladora móvil remolcada (MORBARK Beever R20)	10,0	10	

Fuente. Elaboración propia

AC: Árbol completo **FC:** Fuste + copa **MC:** Madera + copa

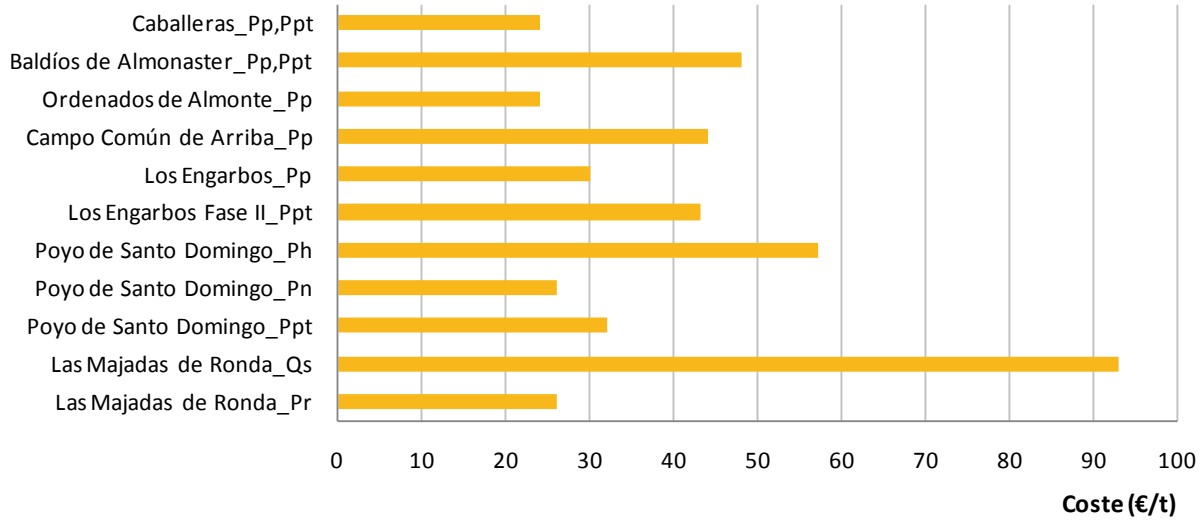


Figura 273. Coste (€/t) por monte y especie

Pp: *Pinus pinea,* **Ppt:** *P. pinaster,* **Ph:** *P. halepensis,* **Pn:** *P.nigra,* **Pn:** *P. radiata* **Qs:** *Quercus suber*

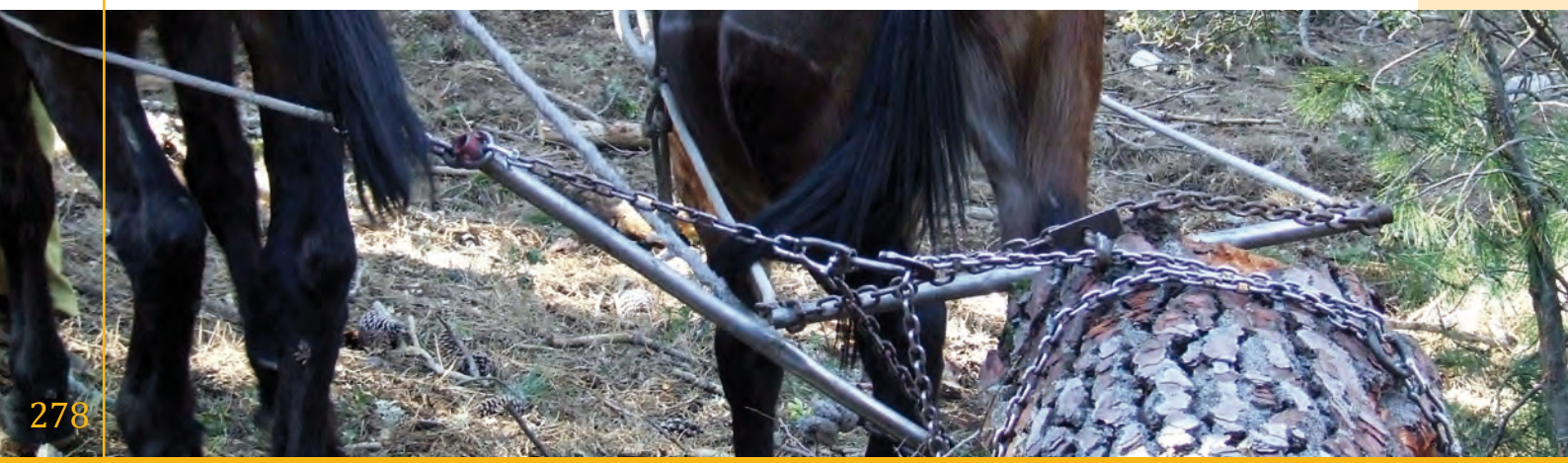




Tabla 195. Coste (€/t) por metodología (sin apeo)

MÉTODO	OPERACIÓN	MAQUINARIA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)	
LA ESPARTOSA (Corta 16-45%, *P. halepensis*, Pendiente 0-50%)					
AC	Desembosque	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)	9,4	10	21
	Astillado	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (BANDIT)	9,2	11	
SIERRA BLANCA Y BERMEJA (Corta 70%, *P. pinaster*, Pendiente >50%)					
AC	Desembosque intermedio	Skidder con cable (TECFORM 500Z)	1,5	56	110
	Desembosque	Camión 6x6 (MERCEDES 350)	1,7	37	
	Astillado	Astilladora (MORBARK F18) alimentada con giratoria	6,1	17	
LAS CONEJERAS Y MADROÑALES (Corta 87%, *Q. ilex*, Pendiente 0-30%)					
AC	Desembosque intermedio	Tractor oruga con cable (SAME Kripton)	3,3	19	41
	Desembosque	Retroexcavadora con pinza (Fiat Hitachi)	4,6	12	
	Astillado	Astilladora (MORBARK Beever R20)	10,1	10	
BARRANCA HONDA Y BALLESTEROS (Corta 100%, *P. radiata*, Pendiente <60%)					
AC/FC	Desembosque intermedio	Skidder con cable TECFORM 500Z	5,1	16	52
	Desembosque	Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410 B)	4,6	21	
	Astillado	Astilladora sobre chasis de ruedas, remolcada y alimentada con giratoria (MORBARK F18 Urricane)	7,0	15	

Fuente. Elaboración propia

AC: Árbol completo **FC:** Fuste + copa **MC:** Madera + copa



Anexos

1. Datos de inventario
2. Captura de datos: procedimiento
3. Obtención de valores modulares
4. Fichas de maquinaria
5. Reseña fotográfica
6. Bibliografía

1

Datos de inventario

1 INTRODUCCIÓN

2 CÓRDOBA

2.1. Caballeras

3 HUELVA

3.1. Baldíos de Almonaster

3.2. Campo Común de Arriba

3.3. Grupo Ordenado de Almonte

4 JAÉN

4.1. Los Engarbos

4.2. Poyo de Santo Domingo

5 MÁLAGA

5.1. La Espartosa

5.2. Las Majadas de Ronda y El Berrueco

5.3. Sierra Blanca y Bermeja

5.4. Las Conejeras y Madroñales

5.5. Barranca Honda y Ballesteros

1. Introducción

La finalidad del inventario es la de conocer las existencias previas, la distribución de pies por clase diamétrica y la caracterización de las parcelas. De forma general, en cada monte de estudio, el diseño del inventario consta de un muestreo sistemático, con parcelas circulares en general de 12,5 m de radio (490,87 m^2). En cada parcela se han medido con forcípula todos los árboles incluidos, clasificándolos en clase diamétrica y por especies. Se ha realizado un estudio de los tres pies (árboles tipo) más cercanos al centro de la parcela y/o más representativos de las clase diamétrica más abundantes, característicos de la masa circundante, donde se ha medido su diámetro normal, basal y a mitad de fuste, altura total y altura de fuste.



2. Córdoba

2.1. Caballeras

El diseño de inventario consta de un muestreo sistemático sobre 10,98 ha del monte Caballeras, con 20 parcelas circulares, 18 de ellas de radio 13 m (530,9 m^2) y 2 con radio 18 m (1.017,9m^2), donde se procede a la identificación de la especie, al conteo de pies, a la medición de diámetros normales, apeo de árboles tipo (clasificados por clase diamétrica) y a la medición de diámetro basal, cubicación de fuste, pesaje de copa y pesaje de fuste.

En la **Tabla 1** se muestra la densidad inicial (pies/ha) y el número de pies presentes en la parcela según los datos del inventario realizado antes del comienzo de los trabajos del demostrativo.

Tabla 1. Datos de inventario

PARCELA	SUP (ha)	NÚMERO SUBPARCELAS	ESPECIE	DN (cm)	DENSIDAD (pies/ha)	AB (m^2/ha)	NÚMERO PIES
01_Caballeras	10,9	20	*Pinus pinaster*	22,8	963	20,9	10.573

Fuente. Elaboración propia

A continuación se muestran los resultados obtenidos por clase diamétrica.

Tabla 2. Distribución de pies por clase diamétrica en la parcela de actuación

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
3	12,5-17,5	1.362	12,9	124
4	17,5-22,5	3.902	36,9	355
5	22,5-27,5	3.312	31,3	302
6	27,5-32,5	1.634	15,4	149
-	> 32,5	363	3,4	33
TOTAL		**10.573**	**100**	**963**

Fuente. Elaboración propia

3. Huelva

3.1. Baldíos de Almonaster

En la **Tabla 3** se muestra la densidad inicial (pies/ha) y el número de pies presentes en las parcelas según los datos del inventario.

Tabla 3. Datos de inventario

PROVINCIA	MONTE	PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DENSIDAD (pies/ha)	Dn MEDIO (cm)	PIES TOTALES
Huelva	Baldíos de Almonaster	1_Baldíos	4,2	*Pinus pinea*	1.216	17,7	5.108
		2_Baldíos	4,0	*Pinus pinea*	1.326	17,6	5.304
		3_Baldíos	3,7	*Pinus pinea*	291	15,3	1.078
				Pinus pinaster	525	14,5	1.944

Fuente. Elaboración propia

A continuación se muestran los resultados obtenidos por clase diamétrica en cada parcela.

3.1.1. Parcela 01_Baldíos

Tabla 4. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	66	1,3	16
2	7,5-12,5	631	12,4	150
3	12,5-17,5	1.787	35,0	425
4	17,5-22,5	1.845	36,1	439
5	22,5-27,5	646	12,6	154
6	27,5-32,5	79	1,5	19
7	32,5-37,5	44	0,9	10
8	37,5-42,5	8	0,2	2
9	42,5-47,5	0	0,0	0
10	47,5-52,5	2	0,0	0
TOTAL		**4.922**	**100**	**1.216**

Fuente. Elaboración propia

3.1.2. Parcela 02_Baldíos

Tabla 5. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	36	0,7	9
2	7,5-12,5	741	14,0	185
3	12,5-17,5	1.917	36,2	479
4	17,5-22,5	1.800	33,9	450
5	22,5-27,5	666	12,6	167
6	27,5-32,5	137	2,6	34
7	32,5-37,5	6	0,1	2
TOTAL		**5.303**	**100**	**1.326**

Fuente. Elaboración propia

3.1.3. Parcela 03_Baldíos

Tabla 6. Distribución de pies por clase *diamétrica, Pinus pinea*

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	12	1,1	3
2	7,5-12,5	257	23,9	70
3	12,5-17,5	512	47,5	138
4	17,5-22,5	253	23,5	68
5	22,5-27,5	41	3,8	11
6	27,5-32,5	0	0,0	0
7	32,5-37,5	1	0,1	0
8	37,5-42,5	0	0,0	0
9	42,5-47,5	0	0,0	0
10	47,5-52,5	1	0,1	0
TOTAL		**1.078**	**100**	**291**

Fuente. Elaboración propia

Tabla 7. Distribución de pies por clase *diamétrica, Pinus pinaster*

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	103	5,3	28
2	7,5-12,5	593	30,5	160
3	12,5-17,5	743	38,2	201
4	17,5-22,5	397	20,4	107
5	22,5-27,5	97	5,0	26
6	27,5-32,5	7	0,3	2
7	32,5-37,5	1	0,1	0
8	37,5-42,5	1	0,1	0
9	42,5-47,5	0	0,0	0
10	47,5-52,5	1	0,1	0
TOTAL		**1.943**	**100**	**524**

Fuente. Elaboración propia

3.2. Campo Común de Arriba

El inventario se realiza una vez apeados y desemboscados los pies. El diseño del mismo consta de un muestreo sistemático sobre las parcelas de trabajo, con 30 parcelas circulares de radio 15 m (706,86 m^2), donde se procede a la identificación de la especie y al conteo de pies, tanto los apeados como los que quedan en el monte. En la **Tabla 8** se muestra la densidad inicial (pies/ha) y el número de pies presentes en las parcelas según los datos del inventario.

Tabla 8. Datos de inventario

PARCELA	SUP (ha)	NÚMERO SUBPARCELAS	ESPECIE	DN (cm)	DENSIDAD (pies/ha)	NÚMERO PIES
01_CCAr	3,9	6	*Pinus pinea*	20,6	451	1.758
02_CCAr	5,0	8	*Pinus pinea*	18,3	322	1.619
03_CCAr	8,1	15	*Pinus pinea*	13,1	778	6.303

Fuente. Elaboración propia

3.2.1. Parcela 01_CCAr

Tabla 9. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	42	2,4	11
2	7,5-12,5	163	9,3	42
3	12,5-17,5	230	13,1	59
4	17,5-22,5	489	27,8	125
5	22,5-27,5	777	44,2	199
6	27,5-32,5	58	3,3	15
TOTAL		**1.759**	**100**	**451**

Fuente. Elaboración propia



3.2.2. Parcela 02_CCAr

Tabla 10. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	55	3,4	11
2	7,5-12,5	273	17,0	55
3	12,5-17,5	403	25,0	81
4	17,5-22,5	429	26,7	86
5	22,5-27,5	344	21,4	69
6	27,5-32,5	92	5,7	18
7	32,5-37,5	13	0,8	3
TOTAL		**1.609**	**100**	**323**

Fuente. Elaboración propia

3.2.3. Parcela 03_CCAr

Tabla 11. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	926	14,7	114
2	7,5-12,5	2.172	34,5	268
3	12,5-17,5	2.031	32,2	251
4	17,5-22,5	857	13,6	106
5	22,5-27,5	231	3,7	28
6	27,5-32,5	64	1,0	8
7	32,5-37,5	13	0,2	2
8	37,5-42,5	9	0,1	1
TOTAL		**6.303**	**100**	**778**

Fuente. Elaboración propia



3.3. Grupo Ordenado de Almonte

Los datos de existencias previas se han obtenido a partir del señalamiento realizado en cada parcela, por tratarse de una repoblación en marco regular.

En la **Tabla 12** se muestra la densidad inicial (pies/ha) y el número de pies presentes en cada parcela antes del comienzo de los trabajos del demostrativo.

Tabla 12. Datos de inventario

PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DN (cm)	DENSIDAD (pies/ha)	NÚMERO PIES
1_OAL	8,6	*Pinus pinea*	17,9	409	3.519
2_OAL	8,6	*Pinus pinea*	18,5	378	3.253

Fuente. Elaboración propia

A continuación se muestran los resultados obtenidos por clase diamétrica para cada parcela.

3.3.1. Parcela 1_OAL

Tabla 13. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
15	12,5-17,5	1.704	48,4	198
20	17,5-22,5	1.575	44,8	183
25	22,5-27,5	220	6,3	26
30	27,5-32,5	20	0,6	2
TOTAL		**3.519**	**100**	**409**

Fuente. Elaboración propia

3.3.2. Parcela 2_OAL

Tabla 14. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
15	12,5-17,5	1.401	43,1	163
20	17,5-22,5	1.493	45,9	174
25	22,5-27,5	329	10,1	38
30	27,5-32,5	21	0,6	2
35	32,5-37,5	7	0,2	0,8
40	37,5-42,5	1	0,0	0,2
TOTAL		**3.252**	**100**	**378**

Fuente. Elaboración propia



4. Jaén

4.1. Los Engarbos

El diseño de inventario consta de un muestreo sistemático en la totalidad del monte Los Engarbos, con 30 parcelas circulares de radio 12,5 m (490,87 m^2), donde se procede a la identificación de la especie, al conteo de pies, a la medición de diámetros normales, apeo de árboles tipo (clasificados por clase diamétrica) y a la medición de diámetro basal, cubicación de fuste, pesaje de copa y pesaje de fuste. En la **Tabla 15** se muestran los datos obtenidos en el inventario.

Tabla 15. Datos de inventario

PARCELA	SUP (ha)	NÚMERO SUBPARCELAS	ESPECIE	DN (cm)	DENSIDAD (pies/ha)	NÚMERO PIES
1	4,5	4	*Pinus pinea*	16,3	774	3.484
2	4,6	6	*Pinus pinea*	15,3	672	3.467
3	4,9	4	*Pinus pinea*	14,3	744	3.644
4	6,7	7	*Pinus pinea*	14,3	824	5.518
5	4,3	4	*Pinus pinea*	16,8	744	3.197
6	5,3	5	*Pinus pinea*	20,7	444	2.354

Fuente. Elaboración propia

A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir del inventario realizado para cada una de las parcelas de trabajo del monte Los Engarbos. Se presentará un desglose por clase diamétrica del número de pies en cada una de ellas.



4.1.1. Parcela 1

Tabla 16. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	-	-	-
2	7,5-12,5	17	13,8	107
3	12,5-17,5	61	49,6	384
4	17,5-22,5	36	29,3	227
5	22,5-27,5	9	7,3	57
TOTAL		**123**	**100**	**775**

Fuente. Elaboración propia

4.1.2. Parcela 2

Tabla 17. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	5	2,5	19
2	7,5-12,5	29	14,6	110
3	12,5-17,5	106	53,5	404
4	17,5-22,5	53	26,8	202
5	22,5-27,5	5	2,5	19
TOTAL		**198**	**100**	**754**

Fuente. Elaboración propia



4.1.3. Parcela 3

Tabla 18. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	6	4,1	31
2	7,5-12,5	44	30,1	224
3	12,5-17,5	69	47,3	351
4	17,5-22,5	23	15,8	117
5	22,5-27,5	4	2,7	20
TOTAL		**146**	**100**	**743**

Fuente. Elaboración propia

4.1.4. Parcela 4

Tabla 19. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	7	2,5	20
2	7,5-12,5	77	9,6	224
3	12,5-17,5	151	18,7	439
4	17,5-22,5	44	5,7	128
5	22,5-27,5	3	0,5	9
6	27,5-32,5	1	-	3
TOTAL		**283**	**100**	**823**

Fuente. Elaboración propia

4.1.5. Parcela 5

Tabla 20. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
2	7,5-12,5	21	17,8	132
3	12,5-17,5	40	33,9	252
4	17,5-22,5	51	43,2	321
5	22,5-27,5	6	5,1	38
TOTAL		**118**	**100**	**744**

Fuente. Elaboración propia

4.1.6. Parcela 6

Tabla 21. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
2	7,5-12,5	4	3,7	16
3	12,5-17,5	13	11,9	53
4	17,5-22,5	58	53,2	236
5	22,5-27,5	32	29,4	130
6	27,5-32,5	1	0,9	4
7	32,5-37,5	1	0,9	4
TOTAL		**109**	**100**	**443**

Fuente. Elaboración propia

4.2. Poyo de Santo Domingo

En la **Tabla 22** se muestra la densidad inicial y el número de pies presentes en la parcela según los datos del inventario realizado en Sexta Revisión y Noveno Plan Especial del Proyecto de Ordenación del Grupo de Montes "Poyo de Santo Domingo" (JA-11007-JA) en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas.

Tabla 22. Datos de inventario

PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DENSIDAD (pies/ha)	DN (cm)	NÚMERO PIES	VOLUMEN	
						(m^3/ha)	(m^3)
P1	1,8	*Pinus halepensis*	358	20	636	62,2	110,1
A1	0,5	*Pinus pinaster*	267	30	144	126,6	65,8
A2	6,9	*Pinus nigra*	267	25	144	126,6	878,6
A3	3,8	*Pinus pinaster*	155	30	602	82,0	314,1
A4	0,4	*Pinus nigra*	377	35	148	159,5	60,6
A5	0,3	*Pinus nigra*	377	30	117	159,5	47,9
A6	21,2	*Pinus nigra*	377	25	7.971	159,5	3.373,4
A7	1,1	*Pinus nigra y P.pinaster*	267	30	144	126,6	139,3
A8	14,1	*Pinus nigra*	345	30	4.852	124,9	1.757,3
A9	0,5	*Pinus nigra*	377	25	197	159,5	81,3
A10	2,6	*Pinus nigra*	160	30	417	89,3	230,4

Fuente. Elaboración propia

4.2.1. Parcela P1

Tabla 23. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)	VOLUMEN (m^3)
3	12,5-17,5	267	42	151	17,1
4	17,5-22,5	167	26	94	22,8
5	22,5-27,5	133	21	75	28,9
6	27,5-32,5	33	5	19	11,1
7	32,5-37,5	0	0	0	0,0
8	37,5-42,5	0	0	0	0,0
9	42,5-47,5	33	5	19	30,4
10	47,5-52,5	0	0	0	0,0
11	52,5-57,5	0	0	0	0,0
12	57,5-62,5	0	0	0	0,0
TOTAL		**634**	**100**	**358**	**110,2**

Fuente. Elaboración propia

4.2.2. Parcela A1

Tabla 24. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)	VOLUMEN (m^3)
3	12,5-17,5	23	12	44	0,5
4	17,5-22,5	56	29	108	3,1
5	22,5-27,5	31	16	60	7,5
6	27,5-32,5	26	13	50	10,5
7	32,5-37,5	23	12	44	13,1
8	37,5-42,5	23	12	44	12,3
9	42,5-47,5	7	3	13	7,2
10	47,5-52,5	2	1	3	2,1
11	52,5-57,5	3	2	6	5,6
12	57,5-62,5	2	1	3	3,9
TOTAL		**195**	**100**	**374**	**65,9**

Fuente. Elaboración propia

4.2.3. Parcela A2

Tabla 25. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)	VOLUMEN (m^3)
3	12,5-17,5	305	12	44	7,0
4	17,5-22,5	747	30	108	41,2
5	22,5-27,5	414	17	60	100,2
6	27,5-32,5	349	14	50	140,3
7	32,5-37,5	305	12	44	174,0
8	37,5-42,5	196	8	28	163,4
9	42,5-47,5	87	4	13	96,3
10	47,5-52,5	22	1	3	28,6
11	52,5-57,5	44	2	6	75,2
12	57,5-62,5	22	1	3	52,3
TOTAL		**2.490**	**100**	**359**	**878,5**

Fuente. Elaboración propia

4.2.4. Parcela A3

Tabla 26: Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)	VOLUMEN (m^3)
3	12,5-17,5	168	23	44	1,4
4	17,5-22,5	72	10	19	11,1
5	22,5-27,5	72	10	19	17,4
6	27,5-32,5	144	19	38	56,0
7	32,5-37,5	108	15	28	63,4
8	37,5-42,5	108	15	28	84,5
9	42,5-47,5	54	7	14	56,6
10	47,5-52,5	18	2	5	23,7
11	52,5-57,5	0	0	0	0,0
12	57,5-62,5	0	0	0	0,0
TOTAL		**745**	**100**	**195**	**314,0**

Fuente. Elaboración propia

4.2.5. Parcela P4

Tabla 27: Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)	VOLUMEN (m^3)
3	12,5-17,5	7	5	19	0,6
4	17,5-22,5	18	13	48	3,0
5	22,5-27,5	40	29	108	11,3
6	27,5-32,5	40	29	108	18,3
7	32,5-37,5	28	20	75	19,1
8	37,5-42,5	5	4	13	4,7
9	42,5-47,5	1	1	3	1,3
10	47,5-52,5	1	1	3	1,6
11	52,5-57,5	0	0	0	0,0
12	57,5-62,5	0	0	0	0,0
TOTAL		**141**	**100**	**377**	**59,8**

Fuente. Elaboración propia

4.2.6. Parcela P5

Tabla 28: Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)	VOLUMEN (m3)
3	12,5-17,5	13	11	44	0,4
4	17,5-22,5	15	12	48	2,5
5	22,5-27,5	33	27	108	9,2
6	27,5-32,5	33	27	108	14,8
7	32,5-37,5	23	19	75	15,5
8	37,5-42,5	4	3	13	3,8
9	42,5-47,5	1	1	3	1,0
10	47,5-52,5	1	1	3	1,3
11	52,5-57,5	0	0	0	0,0
12	57,5-62,5	0	0	0	0,0
TOTAL		**122**	**100**	**402**	**48,6**

Fuente. Elaboración propia

4.2.7. Parcela P6

Tabla 29: Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)	VOLUMEN (m^3)
3	12,5-17,5	1.024	11	48	31,2
4	17,5-22,5	1.593	17	75	170,5
5	22,5-27,5	2.277	25	108	635,8
6	27,5-32,5	2.277	25	108	1.029,7
7	32,5-37,5	1.594	17	75	1.078,6
8	37,5-42,5	285	3	13	265,3
9	42,5-47,5	57	1	3	71,1
10	47,5-52,5	57	1	3	90,5
11	52,5-57,5	0	0	0	0,0
12	57,5-62,5	0	0	0	0,0
TOTAL		**9.162**	**100**	**433**	**3.372,7**

Fuente. Elaboración propia

4.2.8. Parcela P7

Tabla 30: Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)	VOLUMEN (m^3)
3	12,5-17,5	17	6	16	1,1
4	17,5-22,5	48	16	44	6,5
5	22,5-27,5	65	22	60	15,8
6	27,5-32,5	55	19	50	22,2
7	32,5-37,5	48	16	44	27,5
8	37,5-42,5	31	11	28	25,8
9	42,5-47,5	14	5	13	15,2
10	47,5-52,5	3	1	3	4,5
11	52,5-57,5	7	2	6	11,9
12	57,5-62,5	3	1	3	8,3
TOTAL		**293**	**100**	**267**	**138,9**

Fuente. Elaboración propia

4.2.9. Parcela P8

Tabla 31: Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)	VOLUMEN (m^3)
3	12,5-17,5	1.457	23	104	25,3
4	17,5-22,5	1.060	17	75	90,9
5	22,5-27,5	1.351	21	96	328,7
6	27,5-32,5	1.457	23	104	554,2
7	32,5-37,5	583	9	41	341,8
8	37,5-42,5	238	4	17	195,9
9	42,5-47,5	106	2	8	110,5
10	47,5-52,5	79	1	6	109,8
11	52,5-57,5	0	0	0	0,0
12	57,5-62,5	0	0	0	0,0
TOTAL		**6.333**	**100**	**450**	**1.757,1**

Fuente. Elaboración propia

4.2.10. Parcela P9

Tabla 32: Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)	VOLUMEN (m^3)
3	12,5-17,5	10	5	19	0,8
4	17,5-22,5	25	13	48	4,1
5	22,5-27,5	55	29	108	15,4
6	27,5-32,5	55	29	108	25,0
7	32,5-37,5	39	20	75	26,2
8	37,5-42,5	7	4	13	6,4
9	42,5-47,5	1	1	3	1,7
10	47,5-52,5	1	1	3	2,2
11	52,5-57,5	0	0	0	0,0
12	57,5-62,5	0	0	0	0,0
TOTAL		**193**	**100**	**377**	**81,9**

Fuente. Elaboración propia

4.2.11. Parcela P10

Tabla 33: Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)	VOLUMEN (m^3)
3	12,5-17,5	49	12	19	3,1
4	17,5-22,5	24	6	9	2,3
5	22,5-27,5	49	12	19	9,7
6	27,5-32,5	73	18	28	23,4
7	32,5-37,5	73	18	28	36,8
8	37,5-42,5	49	12	19	37,5
9	42,5-47,5	49	12	19	46,3
10	47,5-52,5	24	6	9	26,7
11	52,5-57,5	24	6	9	44,7
12	57,5-62,5	0	0	0	0,0
TOTAL		**414**	**100**	**160**	**230,5**

Fuente. Elaboración propia



5. Málaga

5.1. La Espartosa

El diseño de inventario consta de un muestreo sistemático con 42 parcelas circulares de radio 12,5 m (490,87 m^2), donde se procede a la identificación de la especie, al conteo de pies y a la medición de diámetros normales. En la **Tabla 34** se muestra la densidad inicial y el número de pies presentes en cada parcela según dicho inventario.

Tabla 34. Datos de inventario

PARCELA	SUP (ha)	NÚMERO SUBPARCELAS	ESPECIE	DN (cm)	DENSIDAD (pies/ha)	NÚMERO PIES
01_El Burgo	3,9	15	*Pinus halepensis*	18,3	441	1.713
02_El Burgo	6,7	12	*Pinus halepensis*	16,0	784	5.286
03_El Burgo	5,7	15	*Pinus halepensis*	24,7	303	1.717

Fuente. Elaboración propia

A continuación se muestran los resultados obtenidos por clase diamétrica para cada parcela.

5.1.1. Parcela 01_El Burgo

Tabla 35. Datos de inventario

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	5	0,3	1
2	7,5-12,5	116	6,8	30
3	12,5-17,5	706	41,2	182
4	17,5-22,5	622	36,3	160
5	22,5-27,5	184	10,8	48
6	27,5-32,5	53	3,1	14
7	32,5-37,5	16	0,9	4
8	37,5-42,5	11	0,6	3
TOTAL		**1.713**	**100**	**442**

Fuente. Elaboración propia

5.1.2. Parcela 02_El Burgo

Tabla 36. Datos de inventario

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	126	2,4	19
2	7,5-12,5	1.373	26,0	204
3	12,5-17,5	2.037	38,5	302
4	17,5-22,5	1.053	19,9	156
5	22,5-27,5	538	10,2	80
6	27,5-32,5	137	2,6	20
7	32,5-37,5	23	0,4	3
TOTAL		**5.287**	**100**	**784**

Fuente. Elaboración propia

5.1.3. Parcela 03_El Burgo

Tabla 37. Datos de inventario

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
2	7,5-12,5	31	1,8	5
3	12,5-17,5	169	9,9	30
4	17,5-22,5	501	29,1	88
5	22,5-27,5	539	31,4	95
6	27,5-32,5	293	17,0	52
7	32,5-37,5	115	6,7	20
8	37,5-42,5	31	1,8	5
9	42,5-47,5	15	0,9	3
10	47,5-52,5	8	0,4	1
11	52,5-57,5	8	0,4	1
12	57,5-62,5	0	0,0	0
13	62,5-67,5	8	0,4	1
TOTAL		**1.718**	**100**	**301**

Fuente. Elaboración propia

5.2. Las Majadas de Ronda y El Berrueco

En la **Tabla 38** se muestra la densidad inicial y el número de pies presentes en la parcela.

Tabla 38. Datos de inventario

PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DN (cm)	DENSIDAD (pies/ha)	NÚMERO PIES
2_Majadas	2,8	*Quercus suber*	282	21,0	790
3_Majadas	5,0	*Pinus radiata*	117	25,0	585

Fuente. Elaboración propia

A continuación se muestran los resultados obtenidos por clase diamétrica para cada parcela.

5.2.1. Parcela 02_Majadas

Tabla 39. Datos de inventario

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	5	0,6	2
2	7,5-12,5	235	29,7	84
3	12,5-17,5	65	8,2	23
4	17,5-22,5	160	20,3	57
5	22,5-27,5	100	12,7	36
6	27,5-32,5	140	17,7	50
7	32,5-37,5	55	7,0	20
8	37,5-42,5	15	1,9	5
9	42,5-47,5	15	1,3	4
10	47,5-52,5	5	0,6	2
TOTAL		**790**	**100**	**283**

Fuente. Elaboración propia

5.2.2. Parcela 03_Majadas

Tabla 40. Datos de inventario

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	20	3,4	4
2	7,5-12,5	75	12,8	15
3	12,5-17,5	130	22,2	26
4	17,5-22,5	158	27,0	32
5	22,5-27,5	101	17,3	20
6	27,5-32,5	61	10,4	12
7	32,5-37,5	11	1,9	2
8	37,5-42,5	19	3,2	4
9	42,5-47,5	3	0,5	1
10	47,5-52,5	6	1,0	1
11	52,5-57,5	1	0,2	0
TOTAL		**585**	**100**	**117**

Fuente. Elaboración propia

5.3. Sierra Blanca y Bermeja

En la **Tabla 41** se muestra la densidad inicial y el número de pies presentes en la parcela según los datos del inventario realizado en Primera Revisión y Segundo Plan Especial del Proyecto de Ordenación del Monte "Sierra Blanca y Bermeja" (MA-50012-CCAY) en la provincia de Málaga. En la **Tabla 42** una distribución de pies por clase diamétrica.

Tabla 41. Datos de inventario

PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DN (cm)	DENSIDAD (pies/ha)	NÚMERO PIES
01_ Sierra Blanca y Bermeja	5,78	*Pinus pinaster*	16,3	1.394	8.061

Fuente. Elaboración propia

Tabla 42. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	Nº PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
3	12,5-17,5	5.991	74	1.036
4	17,5-22,5	2.070	26	358
TOTAL		**8.061**	**100**	**1.394**

Fuente. Elaboración propia

5.4. Las Conejeras y Madroñales

En las siguientes tablas se muestra un resumen del resultado del inventario y la distribución de pies por clase diamétrica.

Tabla 43. Datos de inventario

PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DN (cm)	DENSIDAD (pies/ha)	NÚMERO PIES
01_Conejeras	5,02	*Quercus ilex*	2.326	8,7	11.676

Fuente. Elaboración propia

Tabla 44. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	NÚMERO PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	5	4.429	37,9	882
2	10	5.234	44,8	1.043
3	15	1.610	13,8	321
4	20	302	2,6	60
5	25	101	0,9	20
TOTAL		**11.676**	**100**	**2.326**

Fuente. Elaboración propia

5.5. Barranca Honda y Ballesteros

Los datos de inventario se han obtenido a partir del señalamiento realizado para esta parcela antes del comienzo de los trabajos del demostrativo, al ser éste del 100% de la masa.

En las siguientes tablas se muestra un resumen del resultado del inventario y la distribución de pies por clase diamétrica.

Tabla 45. Datos de inventario

PARCELA	SUP (ha)	ESPECIE	DN (cm)	DENSIDAD (pies/ha)	NÚMERO PIES
01_Barranca Honda	3,2	*Pinus radiata*	40,0	251	803

Fuente. Elaboración propia

Tabla 46. Distribución de pies por clase diamétrica

CD	INTERVALO CD	NÚMERO PIES	%	DENSIDAD (pies/ha)
1	2,5-7,5	56	7,0	18
2	7,5-12,5	61	7,6	19
3	12,5-17,5	58	7,2	18
4	17,5-22,5	71	8,8	22
5	22,5-27,5	73	9,1	23
6	27,5-32,5	66	8,2	21
7	32,5-37,5	72	9,0	23
8	37,5-42,5	88	11,0	28
9	42,5-47,5	83	10,3	26
10	47,5-52,5	80	9,9	25
11	52,5-57,5	46	5,7	14
12	57,5-62,5	28	3,4	9
13	62,5-67,5	22	2,7	7
TOTAL		**804**	**100**	**252**

Fuente. Elaboración propia


axor
axor
SEMIRREMOLQUES
MONTALBAN
LOJA
958 320506
4137 BZZ

2

Captura de datos: Procedimiento

1 FASE DE INVENTARIO

1.1. Identificación y clasificación

1.2. Parámetros complementarios

1.3. Dendrometría

1.4. Árboles tipo y pesaje de biomasa

1.5. Estadillo de inventario

2 ESTADILLO DE SEÑALAMIENTO

3 ESTADILLO DE CONTROL DE TIEMPOS

1. Fase de inventario

En el desarrollo de la fase de inventario se distinguen dos procesos fundamentales; replanteo de parcelas y toma de datos. El replanteo de parcelas se ha realizado mediante un muestro sistemático, generalmente con una malla de 200 x 200 metros.

En lo que respecta a la toma de datos el estadillo de campo de inventario está formado por los siguientes apartados: identificación y clasificación, parámetros complementarios, dendrometría y árboles tipo y pesadas de biomasa.

1.1. Identificación y clasificación

Tiene como misión dejar perfectamente aclarado el punto al que corresponde la parcela que se va a levantar. Incluye la provincia, el término municipal, el nombre y el código del monte, así como la fecha en la que se realiza la parcela.



1.2. Parámetros complementarios

Se ocupa de los factores relacionados con las propiedades edafológicas y el estado selvícola de la masa, incluye los siguientes apartados: orientación, pendiente, erosión, afloramientos rocosos, pedregosidad, hidromorfismo, daños y aterrazado.

- La orientación se obtendrá con brújula en el sentido de la máxima pendiente aguas abajo; al rumbo obtenido por la brújula le corresponderá un número según la clave correspondiente.

Tabla 3. Codificación por orientación

CÓDIGO	ORIENTACIÓN	CÓDIGO	ORIENTACIÓN
0	Llana	**5**	176ᵍ-225ᵍ
1	376ᵍ- 25ᵍ	**6**	226ᵍ-275ᵍ
2	26ᵍ- 75ᵍ	**7**	276ᵍ-325ᵍ
3	76ᵍ-125ᵍ	**8**	326ᵍ-375ᵍ
4	126ᵍ-175ᵍ		

- La pendiente se medirá en la dirección que sea máxima pasando por el centro de la parcela, después se anotará según su clave.

Tabla 4. Codificación por orientación

CÓDIGO	LECTURA	LECTURA (%)	CÓDIGO	LECTURA	LECTURA (%)
1	0 < E20 < 2	< 10	**4**	10 < E20 < 20	50 < L < 110
2	2 < E20 < 6	10 < L < 30	**5**	E20 > 20	L > 30
3	6 < E20 < 10	30 < L < 50			

- La erosión se observará en la parcela y alrededores.

Tabla 5. Codificación por tipo de erosión

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	No hay ninguna manifestación
2	Cuellos de las raíces del matorral descubiertos, acumulación de residuos aguas arriba de los tallos y obstáculos y abundancia superficial de piedras
3	Presencia de regueros paralelos de un palmo (20 cm.) de profundidad como máximo
4	Cárcavas y barrancos en V
5	Cárcavas y barrancos en U
6	Deslizamiento del terreno

- Para la medición de la pedregosidad se mide la superficie ocupada en la parcela por las piedras superficiales según el código correspondiente. Para la estimación de los afloramientos rocosos, se seguirá la misma metodología que la seguida para la pedregosidad según el código correspondiente.

Tabla 6. Codificación por porcentaje de pedregosidad y afloramientos rocosos

CÓDIGO	PEDREGOSIDAD
0	NULA
1	1-10%
2	11-40%
3	41-70%
4	> 70%

CÓDIGO	AFLORAMIENTOS ROCOSOS
10	NULA
11	1-10%
12	11-40%
13	41-70%
14	> 70%

□ El hidromorfismo se observa en la parcela y alrededores, anotándose según la clave correspondiente.

Tabla 7. Codificación por hidromorfismo

CÓDIGO	HIDROMORFISMO
1	Hidromorfismo permanente
2	Hidromorfismo estacional
3	Sin hidromorfismo
4	Sin determinar

□ Los daños se anotarán según su clave. Se debe tener en cuenta la magnitud del daño, el elemento dañado y la/s causa/s que han producido el/los mismo/s.

Tabla 8. Código por magnitud

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
MAGNITUD	
0	Sin daño
1	Daño pequeño
2	Daño mediano
3	Daño grande

Tabla 9. Codificación por elemento/s dañado/s

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
ELEMENTO			
1	Corteza	**6**	Regenerado
2	Hojas	**7**	Guía terminal
3	Ramas	**8**	Copa
4	Madera o tronco	**9**	Otros
5	Frutos		

Tabla 10. Codificación por agente causante del daño

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
AGENTE CAUSANTE			
01	No se advierten daños	**11**	Hombre en general
02	Causa desconocida	**12**	Fuego
03	Hongos	**13**	Nieve
04	Insectos	**14**	Viento
05	Muérdago y afines	**15**	Desprendimientos
06	Plantas epifitas	**16**	Erosión
07	Fauna silvestre	**17**	Sequía
08	Ganado	**18**	Rayo
09	Maquinaria	**19**	Heladas
10	Saca de madera	**20**	Granizo

En este apartado finalmente se obtendrá un número formado por tres dígitos. Si no se advierten daños, al menos tiene que venir rellena la última casilla con el código 01.

0	**0**	**01**

Si hay dos o tres elementos dañados o dos o tres daños diferentes, se rellenarán los dos o tres apartados. En cualquier caso, al rellenar un apartado tienen que completarse todas las casillas (magnitud, elemento y causa).

1.3. Dendrometría

Se encuentra dividido en cinco secciones: Pies mayores, Pies menores, Regenerado, Arbustos y matorral y Observaciones.

Pies Mayores

En este apartado se incluirán todos aquellos árboles cuyo diámetro normal sea mayor o igual a 7,5 cm. Para cada uno de ellos se anotará:

- Nº: número de orden.
- Sp: especie botánica según la clave correspondiente.
- Dn: diámetro normal en cm.
- Es: estado sanitario y vigor de los árboles.
- G: grado de competencia entre los árboles. Esta variable se estimará en función de la longitud relativa de la copa viva. Se establecerán las siguientes clases, contabilizándose el número de árboles de cada clase en la parcela.

Tabla 11. Codificación por grado de competencia

CÓDIGO	GRADO DE COMPETENCIA
1	Árboles no comprimidos: longitud de la copa viva superior a ½ de la altura total del árbol
2	Árboles medianamente comprimidos: longitud de la copa viva entre ¼ y ½ de la altura total del árbol
3	Árboles muy comprimidos: longitud de la copa viva inferior a ¼ de la altura total del árbol

En el caso en el que los pies hayan sido podados, se reflejará en las observaciones del impreso.

- Forma de distribución de los pies: disposición de los pies mayores sobre el terreno.
- Forma de mezcla de las especies arbóreas: tipos de mezcla de las diferentes especies arbóreas presentes en la parcela.
- Estructura vertical: disposición de las copas de los pies mayores en forma de uno o varios estratos o doseles de copas.

Tabla 12. Código según estructura vertical

CÓDIGO	ESTRUCTURA VERTICAL
1	Un estrato
2	Dos estratos
3	Más de dos estratos
4	Estratificación continua

- Distribución espacial de las clases de edad: cuando exista mezcla de varias clases de edad sobre el terreno, en la zona donde se sitúa la parcela, se determinará la forma de agrupación de los árboles, atendiendo a las siguientes posibilidades.

Tabla 13. Código según distribución

CÓDIGO	DISTRIBUCIÓN
0	No procede
1	Pie a pie
2	Por grupos
3	Irregular

- Presencia de especies catalogadas y de especial interés en el caso de que existan.
- Presencia de árboles con nidos de rapaces cuando se detecten.

Pies menores

Los pies menores serán aquellos pies que habiendo alcanzado la altura normal, (1,30 m), tengan diámetros menores de 7,5 cm. Se medirán los siguientes parámetros:

- Sp: especie botánica según la clave correspondiente.
- Nº: número de pies.

Regenerado

Los pies que no alcancen la altura normal formarán parte de la regeneración, esto es, los pies con altura menor a 1,30 m.

En este caso se medirán los siguientes parámetros:

- Sp: especie botánica según la clave correspondiente.
- Nº: número de pies.

Arbustos y Matorral

Se incluyen cuatro epígrafes:

- Sp: especie botánica.
- Fcc: fracción de cabida cubierta.
- Hm: altura media expresada en dm.
- Nombre vulgar.

Por último, figura en el impreso un capítulo de **Observaciones** donde el jefe del equipo anotará todos aquellos datos que considera importantes, ya sea por no figurar casilla correspondiente en el impreso o por considerarlos oportunos para la correcta interpretación de los ya existentes.

Para caracterizar la especie botánica se emplearán los códigos propios del Inventario Forestal Nacional.

Tabla 14. Código según el IFN

CÓDIGO	NOMBRE CLAVE	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRES VULGARES
21	Pino silvestre	*Pinus sylvestris*	Pino albar, pino de Valsaín, pino silvestre
22	Pino uncinata	*Pinus uncinata*	Pino negro
23	Pino piñonero	*Pinus pinea*	Pino piñonero, pino doncel
24	Pino halepensis	*Pinus halepensis*	Pino carrasco
25	Pino laricio	*Pinus nigra*	Pino negral, pino salgareño
26	Pino pinaster	*Pinus pinaster*	Pino resinero, pino negral
61	Eucalipto globulus	*Eucaliptus globulus*	Eucalipto blanco
62	Eucalipto rostrata	*Eucaliptus camaldulensis*	Eucalipto rojo

1.4. Árboles tipo y pesaje de biomasa

Debido a que no se pueden utilizar todos los árboles para el análisis de biomasa por el alto costo que esto significa, se elige una muestra de árboles, que son en este caso los árboles tipo, a los cuales se les miden todas las variables necesarias.

Como se ha dicho anteriormente, los árboles tipo serán los 3 árboles más cercanos al centro de la parcela y/o representativos de las clases diamétricas más abundantes, que sean característicos de la masa circundante. Para cada árbol tipo se medirán los siguientes parámetros:

- CD: clase diamétrica a la que pertenece (1-14).
- NºO.: número de orden del árbol tipo.
- NºCD: número de orden del árbol en cada clase diamétrica (1-3).
- Pma: número que se le ha asignado como pie mayor.
- Sp: especie botánica.
- G: grado de competencia entre los árboles.
- Rumbo del árbol respecto del centro de la parcela.
- Dist: distacia del árbol al centro de la parcela en dm.
- Dn: diámetro normal en cm.
- Cor: espesor de corteza, en mm.
- Cre: crecimientos expresados en mm.
- Dco: diámetro de la copa en m.
- Ht: altura total del árbol en m.
- Hf: altura del fuste maderable en m (hasta 7 cm de diámetro).
- D: diámetro a diferentes alturas.
- Ec: espesor de la corteza a diferentes alturas.
- Fuste: peso en kg del fuste.
- Ramas >7 cm: peso en kg de ramas de diámetro superior a 7 cm.
- Ramas <7 cm: peso en kg de ramas de diámetro inferior a 7 cm.
- Área basimétrica: para calcular el área basimétrica se tomará una parcela de radio variable con el fin de incluir entre 12-15 árboles, a cada uno de los cuales se le medirá el diámetro normal.

El diámetro normal se medirá en centímetros a 1,30 metros del suelo en dos direcciones, una de ellas en dirección a las curvas de nivel y otra perpendicular a las mismas. Se medirán los espesores radiales de corteza en diámetros perpendiculares, en milímetros.

Para valorar el diámetro de copa se determinará la proyección sobre el suelo de dos líneas perpendiculares que se crucen en el eje del árbol, una en dirección a las curvas de nivel y otra perpendicular a las mismas.

La altura total y altura de fuste se medirá una vez apeado el árbol, antes de separar las diferentes partes del fuste.

Una vez apeado el árbol, se separará en las tres fracciones que se han distinguido: fuste, ramas con diámetro mayor de 7 cm y ramas con diámetro menor de 7 cm y se harán las pesadas de las diferentes fracciones. La forma de realizar este pesaje será la siguiente:

Una vez identificado el árbol a procesar, el motoserrista debe señalar la zona de caída del árbol y complementariamente se prepara despejando de matorrales y otros árboles menores que puedan dificultar el trabajo y procesamiento posterior.

Además se identifica la zona de pesado con el fin de habilitarla para el trabajo de medición y pesado de la biomasa. Para ello se ubica un trípode donde se coloca la pesa (de 100 kg como mínimo).

El procesado del árbol a apear se realizará como se detalla a continuación.

1. Ubicación del personal en un lugar seguro.
2. Corta del árbol, el corte se hace lo más cerca al suelo posible (15 cm para *Pinus sp*).
3. Una vez apeado el árbol seleccionado se desrama y se procede a la separación en sus diferentes fracciones de biomasa: fuste, ramas con diámetros superiores a 7 cm y ramas con diámetros inferiores a de 7 cm.

Después de cortado el árbol:

4. Se miden algunas variables tales como altura total, altura de comienzo de copa viva, diámetro a la altura comienzo de copa viva, diámetro, diámetro con corteza cada 2 m a partir del tocón, es decir a los 0,3 - 1,3 - 2 - 3 - 4, etc., variando levemente la medición en el caso de encontrar un muñón de rama.
5. Se registra además el espesor de corteza a lo largo del fuste principal, tomando la medición en el mismo lugar en que se realizan las mediciones de diámetros.
6. Tras la corta y la separación de las fracciones anteriormente citadas se procede a su pesado por separado obteniéndose los datos de peso en verde.
7. En el caso del fuste comercial, éste se corta en secciones y se pesa, considerando que cada sección no debe pesar más allá de 100 kg (deben poder ser cargadas a pulso por una o dos personas.
8. En cada localización se deben tomar muestras para la determinación del peso en seco. Se toman por separado muestras de fuste y ramas, mayores y menores de 7cm, de aproximadamente 1 kg cada una. Se tendrá especial cuidado en controlar los tiempos desde la toma de muestras en campo hasta la estimación de la humedad en laboratorio; si el tiempo transcurrido es superior a las 48 horas las muestras empiezan a perder humedad no siendo fiable el dato obtenido.

El porcentaje de humedad se determinará en laboratorio a partir de varias muestras de biomasa de cada fracción. Para cada especie se toman una muestra, de aproximadamente 1 kg cada una, de cada fracción de biomasa.

9. Una vez que se ha determinado la biomasa de todos los árboles seleccionados, se puede desarrollar una función de regresión de biomasa utilizando un determinado software estadístico.

A continuación se muestran varios estadillos que han sido utilizados en las distintas provincias. Los dos primeros modelos hacen referencia a los datos de inventario y el tercer modelo a la recogida de datos para la obtención de los valores modulares.



1.5. Estadillo de inventario

Agencia de Medio Ambiente y Agua
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

ESTADILLO DE CAMPO

Fecha:	
Radio Parc. (m):	12,5
Sup. Parc. (m2):	490,87

Parcela Nº:	
Nombre del monte:	*LOS ENGARBOS*
Código J.A.:	JA-10182-JA
Sup. Rodal (ha):	
Provincia	
Término municipal	

Intervalo de pendiente (%	o 0-30	o 30-50	o >50	
Orient. dominante:	o Solana	o Umbría		
Pedregosidad	o Nula	o Baja	o Media	o Alta
Afloramientos rocosos	o Nula	o Bajo	o Medio	o Alto
Accesibilidad maqu.	o Baja	o Media	o Alta	
Aterrazado	o Si	o No		

A. basimétrica		A. basimétrica		A. basimétrica		A. basimétrica		A. basimétrica	
Árbol	Dn (cm)	Árbol	Dn (cm)	Árbol	Dn (cm)	Árbol	Dn (cm)	Árbol	Dn (cm)
1		21		40		59		78	
2		22		41		60		79	
3		23		42		61		80	
4		24		43		62		81	
5		25		44		63		82	
6		26		45		64		83	
7		27		46		65		84	
8		28		47		66		85	
9		29		48		67		86	
10		30		49		68		87	
11		31		50		69		88	
12		32		51		70		89	
14		33		52		71		90	
15		34		53		72		91	
16		35		54		73		92	
17		36		55		74		93	
18		37		56		75		94	
19		38		57		76		95	
20		39		58		77		96	

CARACTERIZACIÓN ÁRBOLES TIPO

Clase diamétrica (cm)	Pie nº	Especie	H total (m)	H fuste (m)	Dn1 (cm)	Dn2 (cm)	D base (cm)	D zona media fuste (cm)	Peso fuste (kg)	Peso copa (kg)
0 - 15	1									
	2									
15 - 20	1									
	2									
20 - 25	1									
	2									
> 25	1									
	2									

OBSERVACIONES

PARÁMENTOS IDENTIFICATIVOS DE LA PARCELA

Parcela demostrativos Nº:	
Nombre del monte:	
Código J.A.:	
Superficie PD (ha)	
Término Municipal:	
Nº parcela	
Fecha	
Radio Parcela(m):	

Nº de equipo
Hora inicio

Jefe de equipo
Hora finalización

Intervalo de pendiente (%)	☐ 0-10	☐ 10-20	☐ 20-30	☐ 30-40	☐ 40-50	☐ >50
Pedregosidad (%)	☐ Nula	☐ 1-10	☐ 11-40	☐ 41-70	☐ >70	
Afloramientos rocosos (%)	☐ Nula	☐ 1-10	☐ 11-40	☐ 41-70	☐ >70	
Orientación dominante:	☐ Solana		☐ Umbría			
Acesibilidad maquinaria	☐ Baja	☐ Media	☐ Alta			
Aterrazado	☐ Si	☐ No				

DENDROMETRÍA

PIES MAYORES (Dn ≥ 7,5 cm)

Nº Orden	Sp	Dn (cm)	Es	G	Nº Orden	Sp	Dn (cm)	Es	G	Nº Orden	Sp	Dn (cm)	Es	G
1					1					1				
2					2					2				
3					3					3				
4					4					4				
5					5					5				
6					6					6				
7					7					7				
8					8					8				
9					9					9				
0					0					0				
1					1					1				
2					2					2				
3					3					3				
4					4					4				
5					5					5				
6					6					6				
7					7					7				
8					8					8				
9					9					9				
0					0					0				

Forma de distribución de los pies ☐ Distribución espacial de clases de edad ☐

Forma de mezcla de las especies arbóreas ☐ Estructura vertical ☐

Presencia de nidos de rapaces ☐

Especies catalogadas y de especial interés:

(Dn<7,5 cm)

PIES MENORES

Sp	Nº

REGENERADO

Sp	Nº

ARBUSTOS Y MATORRAL

Sp	Fcc %	Hm (dm)	Nombre vulgar

OBSERVACIONES:

Parcela demostrativos Nº:	
Nombre del monte:	

DATOS GENERALES DEL ÁRBOLES TIPO

CD	Nº O.	Nº. CD.	Pma	Sp	G	Rumbo	Dist. (dm)	Dn (cm)		Cor (mm)		Cre (mm)		Dco (m)		Ht (m)	Hf (m)
								1	2	1	2	1	2	N-S	E-O		
														,	,	,	,

MEDICIÓN DEL FUSTE

LARGO	D	Ec
MED (m)	(cm)	(mm)
TOC=		
0,5		
1		
1,5		
2		
2,5		
3		
3,5		
4		
4,5		
5		
5,5		
6		
6,5		
7		
7,5		
8		
8,5		
9		
9,5		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PESAJE DE BIOMASA (kg)

Nº orden	F	Ramas >7 cm		Ramas <7 cm		
	C	P	C	P	C	Peso
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
0						
1						
2						
3						
4						
5						

ÁREA BASIMÉTRICA

Radio (m):	
Nº	D(cm)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
0	
1	
2	
3	
4	
5	

2. Estadillo de señalamiento

Agencia de Medio Ambiente y Agua
CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE

LISTADO DE SEÑALAMIENTO

MONTE: **CUARTEL:** **TRAMO:** **CANTÓN:** **ETIQUETA:** **BOSQUETE:**
SECCIÓN: **FECHA INICIO:** **FECHA FIN:**
ESPECIE:
CAPATAZ:

Clase diamétrica		nº pies señalamiento		Vol. Unit (m3)	Vol. Result. (m3)
10-15	125			0,055	
15-20	175			0,108	
20-25	225			0,178	
25-30	275			0,266	
30-35	325			0,371	
35-40	375			0,494	
40-45	425			0,634	
45-50	475			0,792	
50-55	525			0,968	
55-60	575			1,161	
60-65	625			1,372	
65-70	675			1,600	

3. Estadillo de control de tiempos

Nº DE ALBARÁN	

CODIGO PARCELA		METODO			FECHA		HORA INICIO	

OPERARIO		TIPO DE OPERACIÓN	

MÁQUINA	TIPO		MARCA		MODELO		

CARACT. DEL MEDIO	PEDREGOSIDAD	SI	NO	BARRO	SI	NO	AFLORAM. ROCOSOS	SI	NO	LLUVIA	SI	NO	REGENERADO	SI	NO	ATERRAZADO	SI	NO

TOMA DE DATOS

	HORA											
ACTIVIDAD	INICIO	FINAL	DISTANCIA	PENDIENTE	MATERIAL	MEDICION 1	UD	MEDICION 2	UD	MEDICION 3	UD	OBSERVACIONES

HORA FINALIZACIÓN	

3

Obtención de valores modulares

1 EXPLORACIÓN INICIAL DE LOS DATOS

2 ELIMINACIÓN DE OBSERVACIONES ERRÓNEAS

3 CONSTRUCCIÓN DE MODELOS

3.1. Elección de variables

3.2. Estimación de las ecuaciones de predicción

4 OBTENCIÓN DE DATOS

1. Exploración inicial de los datos

Este apartado constituye un requisito básico para los buenos resultados de cualquier análisis estadístico, especialmente en este caso, por la complejidad de los datos con los que se ha trabajado y por los supuestos estadísticos que requieren las técnicas paramétricas empleadas.

2. Eliminación de observaciones erróneas

Este paso consiste en analizar los valores de las observaciones que conforman la muestra, con el fin de detectar posibles anomalías que dan lugar a observaciones denominadas “aberrantes”, cuyo valor se encuentra fuera del rango de valores admisibles para cada variable. Su origen es debido a errores en la toma de datos o a una transcripción incorrecta de los mismos, actuando lo más prudentemente posible, pues se está trabajando con un tipo de población que se caracteriza por tener una alta variabilidad entre los individuos.

Se ha hecho una revisión de todos los valores tomados y se han subsanado algunos errores de transcripción de formato papel a digital.

3. Construcción de modelos

3.1. Elección de variables

Tras el paso previo de exploración de datos y la posterior eliminación de observaciones erróneas y con los datos resultantes se procede a la construcción de los modelos estadísticos.

Las variables dependientes de las que se quiere encontrar una función matemática son:

- Peso seco fuste (Psf)
- Peso seco de ramas con diámetros superiores a 7 cm (PsrM)
- Peso seco de ramas con diámetros inferiores a 7 cm (Psrm)
- Peso seco total (Ps)

El objetivo es obtener un modelo para cada variable y localización.

Como fase previa a la construcción de los modelos se seleccionan las variables interpretativas. En esta fase se trata de determinar qué variables dimensionales es preciso medir previamente en los árboles por ser más influyentes en el peso.

Uno de los criterios que deben cumplir para su elección es que sean fáciles de medir en el árbol; además y desde el punto de vista estadístico, deben tener capacidad explicativa.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se han seleccionado como variables que en principio pueden influir en la variable peso, las siguientes:

- Fracción de cabida cubierta arbórea (FCCA)
- Grado de competencia (G)
- Área basimétrica (AB)
- Diámetro normal 1 (Dn1)
- Localización (L)
- Diámetro normal 2 (Dn2)
- Diámetro de copa 1 (Dco1)
- Diámetro de copa 2 (Dco2)
- Altura de fuste (Hf)
- Altura total (Ht)

Para detectar el grado de correlación entre estas variables y las variables dependientes se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson, por ser un índice estadístico válido y ampliamente utilizado para estudiar el grado de relación lineal existente entre dos variables cuantitativas. Se muestra a continuación la matriz de correlación obtenida.

Tabla 1. Matriz de correlación para las distintas variables

		Variable dependiente		
		Psf	Psr	PsR
L	Correlación de Pearson	-0,013	-,123(*)	-0,045
	Sig. (bilateral)	0,835	0,045	0,469
FCCA	Correlación de Pearson	-0,021	0,035	0,084
	Sig. (bilateral)	0,736	0,569	0,171
G	Correlación de Pearson	-0,049	-0,043	-0,097
	Sig. (bilateral)	0,422	0,485	0,114
AB	Correlación de Pearson	0,040	0,007	-0,044
	Sig. (bilateral)	0,513	0,907	0,471
Dn1	Correlación de Pearson	**0,926(**)**	**0,564(**)**	**0,784(**)**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000
Dn2	Correlación de Pearson	**0,927(**)**	**0,562(**)**	**0,779(**)**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000
Dco1	Correlación de Pearson	**0,577(**)**	**0,540(**)**	**0,758(**)**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000
Dco2	Correlación de Pearson	**0,449(**)**	**0,508(**)**	**0,661(**)**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000
Ht	Correlación de Pearson	**0,804(**)**	**0,281(**)**	**0,510(**)**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000
Hf	Correlación de Pearson	**0,817(**)**	**0,270(**)**	**0,517(**)**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000
Psf	Correlación de Pearson	1	0,548(**)	0,722(**)
	Sig. (bilateral)		0,000	0,000
PsrM	Correlación de Pearson	0,548(**)	1	0,650(**)
	Sig. (bilateral)	0,000		0,000
Psrm	Correlación de Pearson	0,722(**)	0,650(**)	1
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	

*. La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral)

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

El coeficiente de correlación de Pearson toma valores entre -1 y 1. Un valor de 1 indica relación lineal perfecta positiva; un valor de -1 indica relación lineal perfecta negativa y un valor de 0 indica relación lineal nula. Además del coeficiente en la matriz se ofrece el nivel crítico bilateral (Sig. (bilateral)). El nivel crítico permite decidir sobre la hipótesis nula de independencia lineal; rechazaremos la hipótesis nula de independencia (y concluiremos que existe relación lineal significativa) cuando el nivel crítico sea menor que el nivel de significación establecido.

En nuestro caso para facilitar el estudio se ha decidido que las variables independientes que se escojan deberán ser comunes a las tres variables de peso. Basándonos en la matriz podemos afirmar que las variables que correlacionan significativamente con la variable peso (Sig=0,000) son:

- Clase diamétrica (CD)
- Diámetro normal (Dn1)
- Diámetro normal (Dn2)
- Diámetro de copa (Dco1)
- Diámetro de copa (Dco2)
- Altura total (Ht)
- Altura de fuste (Hf)
- Diferentes variables peso entre ellas.

Un aspecto importante en la elección de variables es evitar la existencia de una posible multicolinealidad entre ellas, ya que si una variable presenta una alta correlación con otras, su efecto sobre la variable dependiente se verá mermado por la contribución de aquellas.

Para detectar el grado de correlación entre sí de estas variables seleccionadas a priori, se elabora otra matriz de correlación para ver el grado de asociación entre las variables o lo que es lo mismo, el conjunto de causas comunes entre ellas. En general conforme mayor es el valor absoluto de este coeficiente mayor es el grado de asociación entre las variables.

Tabla 2. Matriz de correlación para las variables seleccionadas

		Dn1	Dn2	Dco1	Dco2	Ht	Hf
Dn1	Correlación de Pearson	1	0,995(**)	0,653(**)	0,524(**)	0,770(**)	0,788(**)
	Sig. (bilateral)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Dn2	Correlación de Pearson	0,995(**)	1	0,651(**)	0,517(**)	0,772(**)	0,790(**)
	Sig. (bilateral)	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000
Dco1	Correlación de Pearson	0,653(**)	0,651(**)	1	,880(**)	,401(**)	,412(**)
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000
Dco2	Correlación de Pearson	0,524(**)	0,517(**)	0,880(**)	1	0,264(**)	0,273(**)
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
Ht	Correlación de Pearson	0,770(**)	0,772(**)	0,401(**)	0,264(**)	1	0,990(**)
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
Hf	Correlación de Pearson	0,788(**)	0,790(**)	0,412(**)	0,273(**)	0,990(**)	1
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

*. La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Como se puede observar existe una alta correlación entre estas variables independientes, por tanto, se decide seleccionar sólo una de ellas para relacionarla con la variable peso y que no se vea influenciada por la correlación entre ellas. Se decide escoger la variable Dn por ser de todas ellas la más fácil de medir en campo.

3.2. Estimación de las ecuaciones de predicción

3.2.1. Detección de observaciones influyentes: *outliers*

Tiene la finalidad de detectar valores inusuales (*outliers*) cuyo valor, aunque es admisible para dicha variable, se considera un caso aislado, es decir cae fuera del rango de valores que encierran a la mayoría del resto de los casos. Para ello se realiza un gráfico de dispersión o nube de puntos de la variable independiente en función de alguna variable dependiente. En este caso, y como se ha visto en el apartado anterior, la variable dependiente elegida ha sido el diámetro normal (Dn).

En el caso de que existan observaciones anormales o aisladas del resto de los casos procedemos a su eliminación, ya que se trata de valores puntuales cuya presencia puede influir negativamente en los resultados de los ajustes y su eliminación no implica ningún tipo de sesgo en la función explicativa.

3.2.2. Elección de funciones a ajustar

Constituye el primer paso en el ajuste del modelo tras la elección de las variables explicativas. Se trata de elegir qué modelos explican mejor la distribución de los datos.

Atendiendo a las etapas que hay que realizar en cualquier estudio conjunto de dos variables numéricas, inicialmente se procede a un análisis gráfico. El objetivo es representar mediante nubes de puntos las variables en estudio para ver si existe relación o no entre variables y, si las hay, sugerir la posible función que las relaciona.

Estudiada la nube de puntos se hace una selección de los modelos a ajustar. Para esta variable los modelos que se van a estudiar son los que se muestran en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Selección de modelos a ajustar

MODELO	AJUSTE	ECUACIÓN
Lineal	Lineal	$Y= \beta_0 + \beta_1 X$
Potencia	Potencial	$Y= \beta_0 X \beta_1$ $(\ln(Y)=a\ln(X)+b)$
Logarítmico	Logarítmico	$Y= \beta_0 + \beta_1 \ln(X)$
Exponencial	Exponencial	$Y= b_0 e \beta_1 X$ $(\ln(Y)=aX+b)$
Inverso	Hiperbólico	$Y= \beta_0 + \beta_1 / X$
Cuadrático	Parabólico	$Y= \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$
Cúbico	Polinomio de grado 3	$Y= \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3$

3.2.3. Método de estimación

Tras seleccionar los posibles modelos a ajustar, se estiman los parámetros. Aunque existen diferentes métodos, se ha empleado el método de los mínimos cuadrados tanto para los modelos lineales como para los no lineales, que es el más comúnmente utilizado en este tipo de ajustes.

Básicamente, este método consiste en minimizar la suma cuadrática de los errores o residuos al cuadrado, que viene representada por la función Q o desviación cuadrática entre los valores observados de la variable dependiente y los correspondientes atribuibles según el modelo, siempre considerando que la muestra es de carácter aleatorio simple.

$$Q = \sum_{i=1}^{n} (y_i - y)^2$$

Donde: y_i= Valor observado de y
y= Valor estimado de y

Los resultados, además de los coeficientes de determinación múltiple y el error estándar, analizan dos aspectos fundamentales de cada modelo: una primera parte evalúa la significación estadística de los predictores incluidos en el modelo y la segunda parte evalúa la significación del modelo global. Los parámetros que acompañan a cada modelo ajustado son;

- Coeficiente de determinación múltiple R^2
- Coeficiente de determinación múltiple ajustado R^2-ajustado
- Error estándar de la estimación SEE

El **Coeficiente de determinación múltiple (R^2)** representa la proporción de variación del peso que es explicada por el modelo. Se define como:

$$R^2 = \frac{SCR}{SCT}$$

Donde: SCR: Suma de cuadrados de la regresión
SCT: Suma de cuadrados total

Teniendo en cuenta que el coeficiente de determinación múltiple se ve afectado por el número de predictores con relación al tamaño muestral (Ríos, 1992), su valor puede crecer de forma ficticia al aumentar el número de variables regresoras, por lo que se calcula también el **R^2–ajustado** que es útil para comparar diferentes ecuaciones de regresión con distinto número de predictores o diferentes tamaños muestrales.

El **Error estándar de la estimación (SEE)** mide la desviación entre los valores observados y los estimados por el modelo.

3.2.4. Medida de la bondad de ajuste

Una vez conocidos los resultados de los parámetros de las funciones propuestas, se seleccionan los modelos que resulten más precisos dentro de aquellos cuyo resultado sea estadísticamente correcto como modelo de regresión. Es decir, aquellos cuyas estimaciones se ajusten mejor a los datos empíricos.

Los criterios para la selección son los siguientes:

- Que la diferencia entre las puntuaciones observadas y las puntuaciones pronosticadas sea la mínima posible, esto se comprueba a través del error cuadrático o suma de cuadrados residual (SRC). Se establece un nivel de MCE < 140. El error estándar de la estimación se ha fijado en **SEE < 11,8**.
- Que el modelo sea capaz de reducir o explicar como mínimo un 60% de la varianza del peso o del volumen; **R^2 > 0,60**.
- Que el modelo cumpla las tres condiciones requeridas por el método de los mínimos cuadrados en cuanto a la estructura de los errores y ofrezca máxima normalidad, aleatoriedad e independencia en los residuos.

Se han desarrollado para cada localización y fracción de biomasa funciones de regresión que relacionan su peso seco con su diámetro normal. Para cada modelo se han obtenido las ecuaciones de regresión junto al coeficiente de determinación múltiple (R^2), el coeficiente de determinación múltiple ajustado (R^2 ajustado), el error estándar de variación (SEE) y el número de casos analizados para cada localización y fracción de biomasa.

En la tabla adjunta se muestra como ejemplo los resultados del monte Los Engarbos. En la realización de este análisis se han excluido 3 valores, bien por presentar valores negativos o tratarse de casos atípicos. Por lo que el tamaño final de la muestra ha sido de 131 casos.

Tabla 4. Selección de modelos. Relación entre el peso seco (kg) y el diámetro normal. Monte Los Engarbos.

DESCRIPCIÓN	MODELO	ECUACIÓN	R^2	R^2 AJUSTADO	SEE	N
Peso seco de fuste (kg)	Lineal	Psf= -44,340+5,269 Dn	0,564	0,561	19,470	131
	Potencia	**Psf= 0,051 Dn ^{2,3431}**	**0,706**	**0,704**	**0,403**	
	Logarítmico	Psf= -183,839 + 81,730 lnDn	0,545	0,542	19,887	
	Exponencial	Psf= 3,079 $e^{0,1442Dn}$	0,665	0,663	0,430	
	Inverso	Psf= 115,658-1129,654/Dn	0,495	0,491	20,953	
	Cuadrático	Psf= -48,150 +5,749Dn -0,14Dn^2	0,564	0,557	19,543	
	Cúbico	Psf= 90,150 - 20,309 Dn + 1,528 Dn^2-0,029 Dn^3	0,583	0,573	19,199	
Peso seco de copa (kg)	Lineal	Psc= -56,580+7,211 Dn	0,627	0,624	23,401	131
	Potencia	**Psc= 0,195 Dn ^{2,010}**	**0,665**	**0,662**	**0,380**	
	Logarítmico	Psc= -243,589+110,428 lnDn	0,590	0,587	24,514	
	Exponencial	Psc= 6,411 $e^{0,126Dn}$	0,648	0,645	0,390	
	Inverso	Psc=159,961- 1509,728/Dn	0,524	0,521	26,409	
	Cuadrático	Psc= -28,159 + 3,624Dn +0,106Dn^2	0,631	0,625	23,365	
	Cúbico	Psc=74,353 – 15,691 Dn + 1,249 Dn^2-0,021 Dn^3	0,637	0,628	23,265	
Peso seco total (kg)	Lineal	PsT= -100,920+12,479 Dn	0,638	0,635	39,536	131
	Potencia	**PsT= 0,237 Dn ^{2,126}**	**0,726**	**0,723**	**0,348**	
	Logarítmico	PsT= - 427,428 + 192,158 lnDn	0,607	0,604	41,162	
	Exponencial	PsT= 9,679 $e^{0,132Dn}$	0,697	0,695	0,366	
	Inverso	PsT=275,618-2639.382/Dn	0,545	0,541	44.325	
	Cuadrático	PsT= -76,310 + 9,374 Dn + 0,092 Dn^2	0,639	0,633	39,633	
	Cúbico	PsT=164,503-36,000 Dn + 2,777Dn^2-0,050 Dn^3	0,650	0,642	39,163	

Después de analizarse los diferentes modelos se ha seleccionado el ajuste potencial, debido a que el coeficiente de determinación múltiple ajustado es mayor y el error estándar de desviación es menor.

4. Obtención de datos

Una vez definido el modelo, el peso se obtiene mediante la sustitución del diámetro medio (en cm) de la clase diamétrica considerada en la ecuación seleccionada. Los valores modulares se muestran en el apartado 5 del documento principal.



4

Fichas de maquinaria

1 SKIDDERS

2 AUTOCARGADORES

3 PROCESADORAS

4 ASTILLADORAS

5 CIZALLADORAS

6 RETROEXCAVADORAS

7 TRACTORES

8 CAMIONES

9 TRITURADORAS

10 OTRAS HERRAMIENTAS

Introducción

En pleno siglo XXI, la gestión racional y sostenible tanto desde el punto de vista ambiental como económico de los montes andaluces pasa por la necesaria mecanización de los trabajos forestales, entre los que sin duda se incluyen los aprovechamientos de biomasa.

El siguiente conjunto de fichas se ha elaborado sobre las principales máquinas y aperos utilizados en la ejecución de los trabajos emanados del "Proyecto de demostrativos para el aprovechamiento de biomasa en Andalucía".

La pretensión de las mismas es recoger en un documento único las características principales de las máquinas utilizadas para así contribuir a su conocimiento técnico de manera que la información que aportan pueda servir de referencia para posteriores trabajos relacionados con la extracción sostenible de biomasa forestal.

Obviamente, no está recogida toda la maquinaria existente. Los modelos que se han incluido han de entenderse, en este sentido, como tipos para realizar las distintas operaciones. La presentación en forma de ficha individual permitirá incluir nuevos modelos conforme se disponga de experiencia en su manejo o se recopile información sobre los mismos con el fin de disponer de un repositorio de maquinaria forestal.

Se ha incluido el precio (euros/hora) de las tarifas Tragsa 2011 de modo orientativo, tarifas que además se han utilizado para calcular los costes de los diferentes procesos operativos.

1. Skidders

MAQUINARIA FORESTAL > Skidders

Tipología de Maquina	Skidder
Equipo de trabajo	Skidder con grapa
Modelo empleado	CATERPILLAR
Tipo	550 C
Motor	Cat 3305. 6 válvulas y diesel
Potencia (CV)	160
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	8,75





Elementos de trabajo	Posibilidad de adaptar otros elementos de trabajo como cabestrante de arrastre, pala delantera, rejón, grapa etc… Instalación de grapas o garras con una sección útil de 0,4 metros cuadrados y con una apertura máxima de 1,7 metros.
Precio (Euros/hora)	83,92 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque en semiarrastre de fustes enteros para el aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas o árboles completos apeados.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%, aunque en condiciones especialmente buenas (orografía y capacidad portante del suelo) podría llegar al 55%.

MAQUINARIA FORESTAL > Skidders

Tipología de Maquina	Skidder
Equipo de trabajo	Skidder con cable
Modelo empleado	CATERPILLAR
Tipo	518
Motor	Cat® C7 ACERT, 6 cilindros
Potencia (CV)	170
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	20,00





Elementos de trabajo	Posibilidad de adaptar otros elementos de trabajo como cabestrante de arrastre, pala delantera, rejón etc…
Precio (Euros/hora)	83,92 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque en semiarrastre de fustes enteros para el aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas o árboles completos apeados. Con problemas de circulación y adherencia cuando el suelo está demasiado embarrado.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%, aunque en condiciones especialmente buenas (orografía y capacidad portante del suelo) podría llegar al 55%.

MAQUINARIA FORESTAL > Skidders

Tipología de Maquina	Skidder
Equipo de trabajo	Skidder con cable
Modelo empleado	TECFORM
Tipo	500 Z
Motor	S.D.
Potencia (CV)	130
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	90,00





Elementos de trabajo	Posibilidad de adaptar otros elementos de trabajo como cabestrante de arrastre, pala delantera, rejón, grapa etc… Instalación de grapas o garras.
Precio (Euros/hora)	83,92 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque en semiarrastre de fustes enteros para el aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas o árboles completos apeados. Perdida de tracción en la saca de de árboles de gran porte.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%, aunque en condiciones especialmente buenas (orografía y capacidad portante del suelo) podría llegar al 55%.

MAQUINARIA FORESTAL > Skidders

Tipología de Maquina	Skidder
Equipo de trabajo	Skidder con cable
Modelo empleado	TIMBERJACK
Tipo	TB 240 b
Motor	Cummins Diesel de 6 cilindros turboalimentado
Potencia (CV)	120
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	5,00





Elementos de trabajo	Posibilidad de adaptar otros elementos de trabajo como cabestrante de arrastre, pala delantera, rejón etc…
Precio (Euros/hora)	83,92 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque en semiarrastre de fustes enteros para el aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas o árboles completos apeados. Con problemas de circulación y adherencia cuando el suelo está demasiado embarrado.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%, aunque en condiciones especialmente buenas (orografía y capacidad portante del suelo) podría llegar al 55%.

2. Autocargadores

MAQUINARIA FORESTAL > Autocargadores

Tipología de Maquina	Autocargador
Equipo de trabajo	Autocargador de semichasis
Modelo empleado	JOHN DEERE
Tipo	1010 D Eco H
Motor	John Deere 4045 HTJ PowerTech Plus. Diesel de 4 cilindros
Potencia (CV)	120
Carga útil (kg)	11.000
Consumo medio (litros/hora)	8,00





Elementos de trabajo	Grúa hidráulica CF5 de brazos telescópicos. Presenta un radio de acción de 8,5 metros con una capacidad de elevación con los brazos extendidos de 1.080 kg. El cajón presenta dos largueros y varios travesaños que finalizan en unos teleros o puntales verticales, curvados en su parte inferior. En la parte delantera existe una rejilla que evita el desplazamiento de las trozas hacia el chasis de la maquina tractora. Cabina giratoria.
Precio (Euros/hora)	96,75 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%, aunque en condiciones especialmente buenas (orografía y capacidad portante del suelo) podría llegar al 55%.

MAQUINARIA FORESTAL > Autocargadores

Tipología de Maquina	Autocargador
Equipo de trabajo	Autocargador doble eje
Modelo empleado	TIMBERJACK
Tipo	1410B
Motor	John Deere 6068 turbo HTJ77 refrigerado por agua. Diesel de 6 cilindros
Potencia (CV)	173
Carga útil (kg)	14.000
Consumo medio (litros/hora)	15,00





Elementos de trabajo	Grúa hidráulica de brazos telescópicos. Presenta un radio de acción de 8,5 metros con una capacidad de elevación con los brazos extendidos de 1.080 kg. El cajón presenta dos largueros y varios travesaños que finalizan en unos teleros o puntales verticales, curvados en su parte inferior. En la parte delantera existe una rejilla que evita el desplazamiento de las trozas hacia el chasis de la maquina tractora.
Precio (Euros/hora)	96,75 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%, aunque en condiciones especialmente buenas (orografía y capacidad portante del suelo) podría llegar al 55%.

MAQUINARIA FORESTAL > Autocargadores

Tipología de Maquina	Autocargador
Equipo de trabajo	Autocargador doble eje
Modelo empleado	TIMBERJACK
Tipo	1110C
Motor	Perkins Diesel de seis cilindros turboalimentado
Potencia (CV)	170
Carga útil (kg)	11.000
Consumo medio (litros/hora)	12,00





Elementos de trabajo	Grúa hidráulica de brazos telescópicos. Presenta un radio de acción de 7,2 metros con una capacidad de elevación con los brazos extendidos de 1.080 kg. El cajón presenta dos largueros y varios travesaños que finalizan en unos teleros o puntales verticales, curvados en su parte inferior. En la parte delantera existe una rejilla que evita el desplazamiento de las trozas hacia el chasis de la maquina.
Precio (Euros/hora)	96,75 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas. Posibilidad de carga sin estar los árboles apilados.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%, aunque en condiciones especialmente buenas (orografía y capacidad portante del suelo) podría llegar al 55%.

MAQUINARIA FORESTAL > Autocargadores

Tipología de Maquina	Autocargador
Equipo de trabajo	Autocargador de semichasis
Modelo empleado	KOCKUMS
Tipo	84/35
Motor	kockums diesel de 4 cilindros turboalimentado
Potencia (CV)	130
Carga útil (kg)	3,00
Consumo medio (litros/hora)	8,00





Elementos de trabajo	Grúa hidráulica de brazos telescópicos.
Precio (Euros/hora)	96,75 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas. Posibilidad de carga sin estar los árboles apilados.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%, aunque en condiciones especialmente buenas (orografía y capacidad portante del suelo) podría llegar al 55%.

MAQUINARIA FORESTAL > Autocargadores

Tipología de Maquina	Autocargador
Equipo de trabajo	Autocargador doble eje
Modelo empleado	VALMET
Tipo	860
Motor	Sisu Diesel de 6 cilindros turbo diesel
Potencia (CV)	125
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	8,00





Elementos de trabajo	Grúa hidráulica de brazos telescópicos CRANAB CRF 8.1c / 9,60 m de alcance. El cajón presenta dos largueros y varios travesaños que finalizan en unos teleros o puntales verticales, curvados en su parte inferior. En la parte delantera existe una rejilla que evita el desplazamiento de las trozas hacia el chasis de la maquina tractora.
Precio (Euros/hora)	96,75 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque y transporte del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas. Posibilidad de carga sin estar los árboles apilados.

MAQUINARIA FORESTAL > Autocargadores

Tipología de Maquina	Autocargador
Equipo de trabajo	Autocargador compresor
Modelo empleado	JOHN DEERE
Tipo	1410
Motor	John Deere 6068 turbo HTJ77 refrigerado por agua. Diesel de 6 cilindros
Potencia (CV)	280
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	14,30





Elementos de trabajo	Grúa hidráulica de brazos telescópicos. Presenta un radio de acción de 8,5 metros con una capacidad de elevación con los brazos extendidos de 1.080 kg. Dispone de una caja compactadora (Dutch Dragon Press Collector), con una capacidad de carga de ±10 toneladas.
Precio (Euros/hora)	96,75 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque y transporte del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas. Posibilidad de carga sin estar los árboles apilados. Recogida de árboles enteros o sólo copas.

MAQUINARIA FORESTAL > Autocargadores

Tipología de Maquina	Autocargador
Equipo de trabajo	Autocargador
Modelo empleado	DINGO
Tipo	AD6
Motor	DEUTZ BF6L 914, Turbo diesel, refrigerado por aire
Potencia (CV)	150
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	17,70





Elementos de trabajo	Grúa hidráulica de brazos telescópicos. El cajón presenta dos largueros y varios travesaños que finalizan en unos teleros o puntales verticales, curvados en su parte inferior. En la parte delantera existe una rejilla que evita el desplazamiento de las trozas hacia el chasis de la maquina tractora.
Precio (Euros/hora)	96,75 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque y transporte del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas. Posibilidad de carga sin estar los árboles apilados.

MAQUINARIA FORESTAL > Autocargadores

Tipología de Maquina	Autocargador
Equipo de trabajo	Tractor autocargador
Modelo empleado	CASE
Tipo	1255XL
Motor	S.D.
Potencia (CV)	135
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	13,00





Elementos de trabajo	Grúa hidráulica de brazos telescópicos. El cajón presenta dos largueros y varios travesaños que finalizan en unos teleros o puntales verticales, curvados en su parte inferior. En la parte delantera existe una rejilla que evita el desplazamiento de las trozas hacia el chasis de la maquina tractora.
Precio (Euros/hora)	96,75 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque y transporte del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas. Posibilidad de carga sin estar los árboles apilados.

3. Procesadoras

MAQUINARIA FORESTAL > Procesadoras

Tipología de Maquina	Procesadora
Equipo de trabajo	Procesadora
Modelo empleado	TIMBERJACK
Tipo	1210
Motor	Cummins Diesel de 6 cilindros turboalimentados
Potencia (CV)	170
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	12,00





Elementos de trabajo	Grúa hidráulica de brazos telescópicos. Cabezal procesador TIMBERJACK de dos rodillos hidráulicos de alimentación. El accionamiento es mediante motores hidráulicos. Herramienta de corte de cadena de velocidad 40 m/s. Longitud máxima de espada 75 cm. Velocidad de procesado de 0 – 5 m/s
Precio (Euros/hora)	116,19 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de tala, corte y desrrame en aprovechamiento de maderero y de biomasa.
- Existe dificultad de empleo de esta máquina en masas mixtas de pinares y frondosas que no son objeto de corta.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%, aunque en condiciones especialmente buenas (orografía y capacidad portante del suelo) podría llegar al 55%.

MAQUINARIA FORESTAL > Procesadoras

Tipología de Maquina	Procesadora
Equipo de trabajo	Procesadora
Modelo empleado	KOMATSU
Tipo	PC228
Motor	Inyección directa, refrigerado por agua, 6 cilindros
Potencia (CV)	150
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	17,70





Elementos de trabajo	Grúa hidráulica de brazos telescópicos. Cabezal procesador TECFORM de dos rodillos hidráulicos de alimentación. El accionamiento es mediante motores hidráulicos. Herramienta de corte de cadena de velocidad 40 m/s. Longitud máxima de espada 75 cm. Velocidad de procesado de 0 – 5 m/s
Precio (Euros/hora)	116,19 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de tala, corte y desrrame en aprovechamiento de maderero y de biomasa.
- Existe dificultad de empleo de esta máquina en masas mixtas de pinares y frondosas que no son objeto de corta.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%, aunque en condiciones especialmente buenas (orografía y capacidad portante del suelo) podría llegar al 55%.

4. Astilladoras

MAQUINARIA FORESTAL > Astilladoras

Tipología de Maquina	Astilladora
Equipo de trabajo	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada. Alimentación con giratoria
Modelo empleado	MORBARK
Tipo	F18 Hurricane
Motor	Diesel turboalimentado
Potencia (CV)	290
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	20,00





Elementos de trabajo	Apta para trituración de troncos de hasta 46 centímetros de diámetro con una producción de entre 10-15 tn/hora. Trituradora de tambor o disco con sistema de alimentación automático de velocidad variable. Rotor de entrada de 2,4 y 6 cuchillas, tobera de salida orientable 360 grados, sistema de compresión Torqma. Difícil y baja maniobrabilidad. Imposibilidad de instalación de criba lo que da lugar a una astilla poco uniforme. Alta probabilidad de avería con presencia de pequeñas piedras.
Precio (Euros/hora)	87,24 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de transformación de la madera y sus restos en astilla.

MAQUINARIA FORESTAL > Astilladoras

Tipología de Maquina	Astilladora
Equipo de trabajo	Astilladora móvil arrastrada
Modelo empleado	MORBARK
Tipo	Beever R20
Motor	Sin Motor. A través de la Toma de fuerza (1.000 r.p.m.)
Potencia (CV)	325-350
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	10,00





Elementos de trabajo	Maquina astilladora de madera y demás residuos forestales con chimenea móvil que permita la incorporación de las astillas a una tolva o remolque.
Precio (Euros/hora)	102,03 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de transformación de la madera y sus restos en astilla.

MAQUINARIA FORESTAL > Astilladoras

Tipología de Maquina	Astilladora
Equipo de trabajo	Astilladora autoalimentada sobre autocargador
Modelo empleado	DUTCH DRAGON
Tipo	1410
Motor	John Deere. 550HP Diesel turboalimentado
Potencia (CV)	550
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	65,00





Elementos de trabajo	Apta para trituración de troncos. La velocidad en el alimento se puede ajustar de forma continua, siendo posible producir astilla de casi cualquier tamaño. Todo esto significa que esta astilladora se puede utilizar para una amplia gama de aplicaciones. La cuchilla delta de accionamiento hidráulico proporciona un ángulo de 90° para cortar ramas y otros materiales finos. El bajo peso intrínseco y diseño extremadamente compacto son sus puntos más importantes. Presenta una tolva de acumulación de astilla autodescargable. En condiciones óptimas es capaz de producir 100 metros cúbicos de astilla en una hora.
Precio (Euros/hora)	231,52 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de transformación de la madera y sus restos en astilla.

MAQUINARIA FORESTAL > Astilladoras

Tipología de Maquina	Astilladora
Equipo de trabajo	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada
Modelo empleado	JENZ
Tipo	HEM561DQ
Motor	Diesel turboalimentado
Potencia (CV)	520
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	25,00





Elementos de trabajo	Apta para trituración de troncos de hasta 56 centímetros de diámetro con una producción de hasta 100 m3/hora. La máquina se puede equipar con un contenedor basculante (capacidad de 15 m3) en un chasis de tres ejes. Expulsión de material: chorro de aire. Debido a la necesidad de ser remolcada disminuye los rendimientos como causa del lento trasporte entre tajos.
Precio (Euros/hora)	102,03 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de transformación de la madera y sus restos en astilla.

MAQUINARIA FORESTAL > Astilladoras

Tipología de Maquina	Astilladora
Equipo de trabajo	Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada
Modelo empleado	BANDIT
Tipo	1680
Motor	Opciones de motor CAT, Perkins, John Deere o Cummins. Diesel turboalimentado
Potencia (CV)	380
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	20,00





Elementos de trabajo	Astilladora horizontal. Posibilidad de intercambiar los elementos de corte (26 unidades) siendo la tipología de estos de cuchillos, martillos o dientes. Capacidad de triturar ramas de hasta 40,6 cm de diámetro. Molino de corte de 0,91 m de diámetro x 1,23 m de ancho. Cinta de alimentación y descarga de caucho de una velocidad. Control remoto alámbrico.
Precio (Euros/hora)	102,03 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de transformación de la madera y sus restos en astilla.

MAQUINARIA FORESTAL > Astilladoras

Tipología de Maquina	Astilladora
Equipo de trabajo	Astilladora suspendida en tractor
Modelo empleado	LINDANA
Tipo	TP-270
Motor	Sin Motor. A través de la Toma de fuerza (1.000 r.p.m.)
Potencia (CV)	130
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	14,00





Elementos de trabajo	Apta para la trituración de residuos forestales. Astilladora acoplable a tractor agrícola o forestal a través de la toma de fuerza (540/1000 rpm). Presenta un a tobera de salida del residuos móvil para facilitar el depósito de las astillas en un contenedor. Astilla fina y homogénea.
Precio (Euros/hora)	5,06 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de eliminación de los residuos forestales mediante astillado/triturado.
- Astilladora fácil de maniobrar en cargadero. Altura de las pilas baja. Presenta limitaciones en cuanto a fustes retorcidos con diámetros superiores a 30 cm. de diámetro. Imposibilidad de astillado de ramas de muy pequeño tamaño, con el consiguiente riesgo de incendios forestales.

5. Cizalladoras

MAQUINARIA FORESTAL > Cizalladoras

Tipología de Maquina	Tractor de Alta Estabilidad
Equipo de trabajo	T.A.E. con Cizalladora
Modelo empleado	SEFOSA
Tipo	Limfor I
Motor	Diesel. Turboalimentado
Potencia (CV)	120
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	8,00





Elementos de trabajo	Posibilidad de adaptar otros elementos de trabajo como cabestrante de arrastre, pala delantera, etc...
Precio (Euros/hora)	116,19 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa, así como para el cizallado de la madera.
- La ventaja que aporta este equipo es el apilado de los pies y la independencia de las inclemencia meteorológicas.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%, aunque en condiciones especialmente buenas (orografía y capacidad portante del suelo) podría llegar al 55%.

6. Retroexcavadoras

MAQUINARIA FORESTAL > Retroexcavadoras

Tipología de Maquina	Retroexcavadora
Equipo de trabajo	Retroexcavadora con pinza
Modelo empleado	CATERPILLAR
Tipo	3420
Motor	C4.4 ACERT de 4 cilindros turboalimentado
Potencia (CV)	125
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	8,00





Elementos de trabajo	Incorporación de una pinza hidráulica que permite la captura de trozas, copas o árboles enteros.
Precio (Euros/hora)	56,69 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque o carga del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están en 25%.

MAQUINARIA FORESTAL > Retroexcavadoras

Tipología de Maquina	Retroexcavadora
Equipo de trabajo	Retroexcavadora con cazo o garra
Modelo empleado	HYUNDAI
Tipo	210LC-3
Motor	Cummins QSB6.3 Refrigerado por agua, 24V. 6 cilindros. Inyección turbocompresor. Diesel
Potencia (CV)	125
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	5,00





Elementos de trabajo	Incorporación de una pinza hidráulica que permite la captura de trozas, copas o árboles enteros. Posibilidad de incorporación de cabeza procesadora.
Precio (Euros/hora)	116,19 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque o carga del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas.
- Trabajo de apeo mecanizado de árboles completos para la obtención de madera o biomasa si se instala cabeza procesadora.
- Apertura de vías de desembosque y mejora de caminos y pistas para la saca de la madera o biomasa.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están en 35%.

MAQUINARIA FORESTAL > Retroexcavadoras

Tipología de Maquina	Miniretroexcavadora
Equipo de trabajo	Miniretroexcavadora
Modelo empleado	TAKEUCHI
Tipo	TL 150
Motor	Yanmar 4TNV106T, 4 cilindros, diesel turboalimentado
Potencia (CV)	97
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	6,5





Elementos de trabajo	Dotada de una pinza que permite la captura de trozas, copas o árboles enteros.
Precio (Euros/hora)	116,19 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque o carga del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas.
- Apertura de vías de desembosque y mejora de caminos y pistas para la saca de la madera o biomasa.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están en 35%.

MAQUINARIA FORESTAL > Retroexcavadoras

Tipología de Maquina	Miniretroexcavadora
Equipo de trabajo	Miniretroexcavadora
Modelo empleado	BOBCAT
Tipo	S130
Motor	Kubota/V2203M-DI, 4 cilindros, Diesel
Potencia (CV)	46
Carga útil (kg)	590
Consumo medio (litros/hora)	





Elementos de trabajo	Dotada de una pinza que permite la captura de trozas, copas o árboles enteros.
Precio (Euros/hora)	116,19 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque o carga del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas.
- Apertura de vías de desembosque y mejora de caminos y pistas para la saca de la madera o biomasa.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están en 35%.

MAQUINARIA FORESTAL > Retroexcavadoras

Tipología de Maquina	Miniretroexcavadora
Equipo de trabajo	Miniretroexcavadora
Modelo empleado	AVANT
Tipo	Teckno 51979
Motor	KUBOTA Diesel, sistema de refrigeración por agua
Potencia (CV)	20
Carga útil (kg)	700
Consumo medio (litros/hora)	





Elementos de trabajo	Dotada de una horquilla que permite la captura de trozas, copas o árboles enteros. Pueden acoplarse otros accesorios; cazo, pala, ahoyador, gancho de arrastre, desbrozadora, triturador, etc.
Precio (Euros/hora)	116,19 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque o carga del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas a pie de calle, previamente apiladas.
- Apertura de vías de desembosque y mejora de caminos y pistas para la saca de la madera o biomasa.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están en 35%.

7. Tractores

MAQUINARIA FORESTAL > Tractores

Tipología de Maquina	Tractor
Equipo de trabajo	Tractor Oruga con cable o astilladora
Modelo empleado	FIAT
Tipo	F 120 C
Motor	FIAT Diesel de seis cilindros turboalimentado
Potencia (CV)	120
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	12,00





Elementos de trabajo	Posibilidad de adaptar otros elementos de trabajo como cabestrante de arrastre, desbrozadora, pala delantera, etc… Sistema hidráulico con bomba. Elevador hidráulico. Toma de fuerza estándar.
Precio (Euros/hora)	64,92 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa, así como para astillado.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas o árboles completos apeados.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%.

MAQUINARIA FORESTAL > Tractores

Tipología de Maquina	Tractor
Equipo de trabajo	Tractor neumático con astilladora y grúa
Modelo empleado	VALTRA
Tipo	T161
Motor	Sisu Diesel 66 CTA de 6 cilindros turboalimentado
Potencia (CV)	161
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	11,25





Elementos de trabajo	Tracción 4x4, con dirección hidráulica, 3 puntos traseros de enganche, toma de fuerza, con cabina de protección, frenos de disco hidráulicos. Neumáticos de goma.
Precio (Euros/hora)	59,44 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Empleado como herramienta de tiro de otras maquinas auxiliares como pueden ser desbrozadoras, astilladoras, remolques, etc.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere son 20%.

MAQUINARIA FORESTAL > Tractores

Tipología de Maquina	Tractor
Equipo de trabajo	Tractor neumático con contenedor
Modelo empleado	JOHN DEERE
Tipo	6800
Motor	John Deere Supertech 4 cilindros. Inyección directa. Diesel
Potencia (CV)	120
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	8,00





Elementos de trabajo	Enganche tripuntal de categoría II/III de control electrohidráulico. Bloque del diferencial. Doble tracción. Cabina homologada, cerrada e insonorizada (nivel acústico en su interior no supera los 75dB/A) con suspensión hidroneumática. Bloqueo automático del freno de estacionamiento. Suspensión hidroneumática en el eje delantero.
Precio (Euros/hora)	44,65 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- □ Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- □ Empleado como herramienta de tiro de otras maquinas auxiliares como pueden ser desbrozadoras, astilladoras, remolques, etc.
- □ Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere son 20%.

MAQUINARIA FORESTAL > Tractores

Tipología de Maquina	Tractor
Equipo de trabajo	Tractor neumático con astilladora y grúa
Modelo empleado	JOHN DEERE
Tipo	8420
Motor	John Deere Supertech 6 cilindros. Inyección directa. Diesel
Potencia (CV)	220
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	14,00





Elementos de trabajo	Enganche tripuntal de categoría III/IIIN de control electrohidráulico. Bloque del diferencial. Doble tracción. Cabina homologada, cerrada e insonorizada (nivel acústico en su interior no supera los 75dB/A) con suspensión hidroneumática. Bloqueo automático del freno de estacionamiento. Suspensión hidroneumática en el eje delantero. Caja de Cambios full-powershift.
Precio (Euros/hora)	59,44 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Empleado como herramienta de tiro y accionamiento de otras maquinas auxiliares como pueden ser desbrozadoras, astilladoras, remolques, etc.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere son 20%.

MAQUINARIA FORESTAL > Tractores

Tipología de Maquina	Tractor
Equipo de trabajo	Tractor neumático con remolque
Modelo empleado	EBRO
Tipo	6125/4 DT
Motor	Perkins T6-354.3 diesel 6 cilindros turbo
Potencia (CV)	110
Carga útil (kg)	6.000
Consumo medio (litros/hora)	8,00





Elementos de trabajo	Enganche tripuntal de categoría II/III de control electrohidráulico. Bloque del diferencial. Doble tracción. Cabina homologada. Posibilidad de enganche de remolque agrícola de dos ejes, con freno hidráulico.
Precio (Euros/hora)	45,94 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Empleado como herramienta de tiro de otras maquinas auxiliares como pueden ser desbrozadoras, astilladoras, remolques, etc.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere son 20%.

MAQUINARIA FORESTAL > Tractores

Tipología de Maquina	Tractor
Equipo de trabajo	Tractor oruga con cable
Modelo empleado	NEW HOLLAND
Tipo	8285
Motor	New Holland-Iveco, turbodiesel. 4 cilindros
Potencia (CV)	80
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	4,00





Elementos de trabajo	Sistema hidráulico con bomba. Elevador hidráulico. Toma de fuerza estándar. Asiento y mandos ergonómicos. La situación de la plataforma del puesto de conducción situada a baja altura, favorece la seguridad cuando se trabaja en ladera o en terrenos escarpados. Arco antivuelco. Mando hidrostático de dirección.
Precio (Euros/hora)	64,07 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- □ Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- □ Empleado como herramienta de tiro de otras maquinas auxiliares como pueden ser desbrozadoras, astilladoras, remolques, Cabestrante etc.
- □ Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%.

MAQUINARIA FORESTAL > Tractores

Tipología de Maquina	Tractor
Equipo de trabajo	Tractor Oruga
Modelo empleado	NEW HOLLAND
Tipo	TK100
Motor	Fiat Power Train turboalimentados con intercooler. 4 cilindros. Diesel
Potencia (CV)	100
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	8,00





Elementos de trabajo	Sistema hidráulico con bomba. Elevador hidráulico. Toma de fuerza estándar. Asiento y mandos ergonómicos. La situación de la plataforma del puesto de conducción situada a baja altura, favorece la seguridad cuando se trabaja en ladera o en terrenos escarpados. Arco antivuelco. Mando hidrostático de dirección. 8 velocidades más la marcha atrás.
Precio (Euros/hora)	64,07 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa.
- Empleado como herramienta de tiro de otras maquinas auxiliares como pueden ser desbrozadoras, astilladoras, remolques, pala delantera, etc.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%.

MAQUINARIA FORESTAL > Tractores

Tipología de Maquina	Tractor
Equipo de trabajo	Tractor Oruga con Cabestrante
Modelo empleado	LANDINI
Tipo	Trekker
Motor	Perkins de 4 cilindros aspirados y turbodiésel
Potencia (CV)	80
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	8,00





Elementos de trabajo	Posibilidad de adaptar otros elementos de trabajo como cabestrante de arrastre, desbrozadora, pala delantera, etc….Bastidor de seguridad de 2 montantes abatible. El puesto de conducción con plataforma suspendida sobre silent-blocks, los mandos ergonómicos y el asiento neumático regulable garantizan un confort óptimo. Imposibilidad de arrastrar árboles de gran porte.
Precio (Euros/hora)	64,07 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa, así como para astillado.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas o árboles completos apeados.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%.

MAQUINARIA FORESTAL > Tractores

Tipología de Maquina	Tractor
Equipo de trabajo	Tractor Oruga con Cabestrante
Modelo empleado	SAME
Tipo	Kripton
Motor	Perkins de 4 cilindros aspirados y turbodiésel
Potencia (CV)	80
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	8,00





Elementos de trabajo	Posibilidad de adaptar otros elementos de trabajo como cabestrante de arrastre, desbrozadora, pala delantera, etc….Bastidor de seguridad de 2 montantes abatible. El puesto de conducción con plataforma suspendida sobre silent-blocks, los mandos ergonómicos y el asiento neumático regulable garantizan un confort óptimo. Imposibilidad de arrastrar árboles de gran porte.
Precio (Euros/hora)	64,07 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa, así como para astillado.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas o árboles completos apeados.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%.

MAQUINARIA FORESTAL > Tractores

Tipología de Maquina	Tractor
Equipo de trabajo	Tractor neumático con cabestrante
Modelo empleado	FIAT
Tipo	DT 80-66
Motor	S.D.
Potencia (CV)	80
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	3,00





Elementos de trabajo	Posibilidad de adaptar otros elementos de trabajo como cabestrante de arrastre, desbrozadora, pala delantera, etc….Bastidor de seguridad de 2 montantes abatible. El puesto de conducción con plataforma suspendida sobre silent-blocks, los mandos ergonómicos y el asiento neumático regulable garantizan un confort óptimo. Imposibilidad de arrastrar árboles de gran porte.
Precio (Euros/hora)	64,07 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de desembosque del aprovechamiento maderero y de biomasa, así como para astillado.
- Trabajo por calles de desembosque o vías de saca, recogiendo las trozas o árboles completos apeados.
- Los márgenes de seguridad en cuanto a pendiente se refiere, están entre un 35%.

8. Camiones

MAQUINARIA FORESTAL > Camiones

Tipología de Maquina	Camión
Equipo de trabajo	Camión piso móvil
Modelo empleado	VOLVO
Tipo	V450
Motor	D 11C. 6 cilindros turbocompresor Diesel
Potencia (CV)	450
Carga útil (kg)	24.000
Consumo medio (litros/hora)	45,00





Elementos de trabajo	Instalación de remolque con piso móvil, para facilitar el vaciado de la astilla en parque de astilla o fábrica. Cajón de aluminio con tres ejes.
Precio (Euros/hora)	64,97 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de saca de la madera o de la astilla del monte para su transporte a fábrica.
- Empleado como herramienta de transporte de otras maquinas auxiliares.
- Sus dimensiones y características vienen impuestas por las condiciones de la vía, en especial de su trazado y firme. Imposibilidad de entrar a los cortafuegos debido al radio de giro y fuertes pendientes.

MAQUINARIA FORESTAL > Camiones

Tipología de Maquina	Camión
Equipo de trabajo	Camión con carro
Modelo empleado	MERCEDES
Tipo	Actros 420
Motor	Mercedes. 6 cilindros turbocompresor Diesel
Potencia (CV)	420
Carga útil (kg)	24.000
Consumo medio (litros/hora)	15,00





Elementos de trabajo	Incorpora un cajón o contenedor fabricado de acero o aluminio basculante, con bateas laterales y traseras móviles que facilita el llenado o vaciado de la carga.
Precio (Euros/hora)	64,97 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Empleado como medio de trasporte de la madera o de la astilla del monte para su transporte a fábrica.
- Empleado como herramienta de transporte de otras maquinas auxiliares.
- Sus dimensiones y características vienen impuestas por las condiciones de la vía, en especial de su trazado y firme. Imposibilidad de entrar a los cortafuegos debido al radio de giro y fuertes pendientes.

9. Trituradora

MAQUINARIA FORESTAL > Trituradora

Tipología de Maquina	Trituradora
Equipo de trabajo	Trituradora sobre cadenas, automotriz y autopropulsada
Modelo empleado	CBI MAGNUN FORCE
Tipo	6800 T
Motor	CATERPILLAR 3412E
Potencia (CV)	1010
Carga útil (kg)	5.000
Consumo medio (litros/hora)	120,00





Elementos de trabajo	Sistema de alimentación con cadenas tipo canjelón y rodillo prensor autoajustable. Sistema de salida orientable para carga de camiones hasta 4,5 m de altura. Sistema plegable para transporte. Juego de Rejas intercambiables de 3 posiciones con cuchilla fija de corte de 1 mm hasta 300 mm de salida. Sistema de corte mediante rotor de 3.000 kg y 24 martillos cambiables según tipo de madera: tronco, ramas, tocos, RSU o fuste limpio. Sistema automático de ajuste de potencia y detección de averías. Embrague por poleas y correas fijas. Configuración ajustable a maderas duras, maderas blandas, residuos, materiales voluminosos, pre-triturados. Control remoto inalámbrico. Capacidad de admisión de 100 cm de grosor.
Precio (Euros/hora)	500

Usos Principales

- Triturador y reductor de volumen de productos vegetales, restos industriales, residuos de carpinteria y residuos sólidos

10. Otras herramientas

MAQUINARIA FORESTAL > Otras herramientas

Tipología de Maquina	Desbrozadora
Equipo de trabajo	Desbrozadora suspendida en tractor
Modelo empleado	SERRAT
Tipo	FX-T1600
Motor	Sin Motor. A través de la Toma de fuerza (1.000 r.p.m.)
Potencia (CV)	130
Carga útil (kg)	S.D.
Consumo medio (litros/hora)	12,00





Elementos de trabajo	Desbrozadora de eje horizontal forestal adaptable a todo tipo de tractores entre 88 - 140 CV. De concepción forestal, con giro de martillos 360º, con diseño de martillo trapezoidal, posee grupo retrasado, para la disminución de la angulación de los nudos, en la transmisión. Equipada con tercer punto hidráulico incorpora rotor POLSER + de 550 mm. de diámetro.
Precio (Euros/hora)	7,22 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Apta para el triturado de residuos de montes y parcelas, clareos, cordones de poda, limpieza de líneas, apertura de pasos, monte en pie, etc. generando aportación de materia orgánica al suelo.

MAQUINARIA FORESTAL > Otras herramientas

Tipología de Maquina	Cabestrante
Equipo de trabajo	Cabestrante
Modelo empleado	AGROJIL
Tipo	CF
Motor	Sin Motor. Transmisión mecánica mediante toma de fuerza (540 r.p.m.)
Potencia (CV)	S.D.
Carga útil (kg)	9.000
Consumo medio (litros/hora)	8,00





Elementos de trabajo	Cabestrante monotambor de alta capacidad de tiro. Su situación próxima al tractor permite cargas pesadas sin comprometer la estabilidad del conjunto. Dispone de freno de seguridad de banda accionado automáticamente. El enganche es al sistema tripuntal del tractor. Capacidad del tambor de 97 metros de cable de diámetro 14 mm. Velocidad de recogida de cable 0,59 a 1,21 m/s (540 rpm). Presenta escudo trasero cóncavo para anclaje de la maquina y empuje de troncos.
Precio (Euros/hora)	64,07 (Tarifas TRAGSA 2011)

Usos Principales

- Herramienta mecanizada utilizada para la saca o desembosque de la madera por arrastre hasta el lugar de reunión (cargadero).

5

Reseña fotográfica

1 CÓRDOBA

1.1. Caballeras

2 HUELVA

2.1. Baldíos de Almonaster

2.2. Campo de Arriba

2.3. Grupo Ordenado de Almonte

3 JAÉN

3.1. Los Engarbos

3.2. Poyo de Santo Domingo

4 MÁLAGA

4.1. La Espartosa

4.2. Las Majadas de Ronda y El Berrueco

4.3. Sierra Blanca y Bermeja

4.4. Las Conejeras y Madroñales

4.5. Barranca Honda y Ballesteros

1. Córdoba

1.1.1. Trabajos de apeo



Figura 1. Apeo manual con motosierra (STIHL 026)

1.1.2. Trabajos de reunión



Figura 2. Tractor oruga con cable (NEW HOLLAND 8285)

1.1. CABALLERAS

1.1.2. Trabajos de reunión



Figura 3. Skidder con cable (TIMBERJACK TB 240b)

1.1.3. Trabajos de desembosque



Figura 4. Autocargador doble eje (VALMET 860)

1.1. CABALLERAS

1.1.4. Trabajos de transporte a parque de astillado



Figura 5. Camión con carro (MERCEDES Actros 420)

1.1.5. Trabajos de astillado



Figura 6. Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (JENZ HEM 561DQ)

1.1. CABALLERAS

2. Huelva

2.1.1. Trabajos de desembosque



Figura 7. Skidder (CATERPILLAR 518) apilando

2.1.1. Trabajos de desembosque



Figura 8. Autocargador (KOCKUMS 84/35) en carga-descarga

2.1. BALDÍOS DE ALMONASTER

2.1.1. Trabajos de desembosque



Figura 9. Camión pluma (VOLVO)

2.1.2. Trabajos de astillado



Figura 10. Equipo de astillado, astilladora (MORBARK) alimentada con retroexcavadora (FIAT Hitachi)

2.1. BALDÍOS DE ALMONASTER

2.2.1. Trabajos de desembosque



Figura 11. Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4DT

2.2.1. Trabajos de desembosque



Figura 12. Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1110C)

2.2. CAMPO COMÚN DE ARRIBA

2.2.1. Trabajos de desembosque



Figura 13. Autocargador de semichasis (KOCKUMS 84/35)

2.2.2. Trabajos de astillado



Figura 14. Tractor con brazo móvil (JOHN DEERE 8420) con astilladora autoalimentada (LINDANA TP-400) con grúa

2.2. CAMPO COMÚN DE ARRIBA

2.2.2. Trabajos de astillado



Figura 15. Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (MORBARK F18 Urricane) con Retroexcavadora con pinza (CATERPILLAR 3420)

2.2. CAMPO COMÚN DE ARRIBA

2.3.1. Trabajos de desembosque



Figura 16. Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1110C)

2.3.2. Trabajos de astillado



Figura 17. Tractor neumático con astilladora y grúa (JOHN DEERE 8420)

2.3. GRUPO ORDENADO DE ALMONTE

2.3.3. Transporte de astilla



Figura 18. Tractor neumático con remolque (EBRO 6125/4 DT)

2.3. GRUPO ORDENADO DE ALMONTE

3. Jaén



Figura 19. T.A.E con cizalladora (SEFOSA Limfor I)



Figura 20. Procesadora (TIMBERJACK 1210)

3.1. LOS ENGARBOS

3.1.1. Trabajos de apeo mecanizado



Figura 21. Procesadora (TIMBERJACK 1210)

3.1.2. Trabajos de reunión



Figura 22. Tractor oruga con cable (FIAT F 100 C)

3.1. LOS ENGARBOS



Figura 23. Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1110C)

3.1.3. Trabajos de desembosque



Figura 24. Skidder con grapa (CATERPILLAR 550 C)

3.1. LOS ENGARBOS



Figura 25. Astilladora autoalimentada sobre autocargador (DUTCH DRAGON 1410)

3.1.4. Trabajos de astillado



Figura 26. Astilladora autoalimentada sobre autocargador (DUTCH DRAGON 1410)

3.1. LOS ENGARBOS



Figura 27. Astilladora suspendida en tractor (LINDANA TP-270)

3.1.4. Trabajos de astillado



Figura 28. Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada. Alimentación con giratoria (MORBARK F18 F Urricane)

3.1. LOS ENGARBOS



Figura 29. Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6800)

3.1.5. Transporte de astilla



Figura 30. Tractor neumático con contenedor (JOHN DEERE 6800)

3.1. LOS ENGARBOS



Figura 31. Tractor oruga con cable (FIAT F 120 C)



Figura 32. Arriería (mulas)

3.2. POYO DE SANTO DOMINGO



Figura 33. Skidder con grapa (CATERPILLAR 550C)



Figura 34. Autocargador compresor (JOHN DEERE)

3.2. POYO DE SANTO DOMINGO



Figura 35. Mini retroexcavadora (TAKEUCHI TB1140)



Figura 36. Tractor oruga con cable (FIAT F 120 C)

3.2. POYO DE SANTO DOMINGO



Figura 37. Mini retroexcavadora (BOBCAT S130)

3.2.2. Trabajos de desembosque



Figura 38. Tractor neumático con cable (FIAT DT 80-66)

3.2. POYO DE SANTO DOMINGO



Figura 39. Arriería

3.2.2. Trabajos de desembosque



Figura 40. Camión (IVECO)

3.2. POYO DE SANTO DOMINGO

3.2.2. Trabajos de desembosque



Figura 41. Autocargador (DYNGO AD-24)

3.2.3. Trabajos de astillado



Figura 42. Tractor neumático (VALTRA T161) con astilladora ÁTICA

3.2. POYO DE SANTO DOMINGO

3.2.3. Trabajos de astillado



Figura 43. Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (BANDIT 1680)

3.2. POYO DE SANTO DOMINGO

4. Málaga

4.1.1. Trabajos de apeo



Figura 44. Apeo manual con motosierra (STIHL 026)

4.1.2. Trabajos de desembosque



Figura 45. Skidder con cable (TECFORM 500Z)

4.1. LA ESPARTOSA



Figura 46. Astilladora sobre chasis de ruedas y remolcada (BANDIT 1680)

4.1.3. Trabajos de astillado



Figura 47. Parque de astillado

4.1. LA ESPARTOSA



Figura 48. Desembosque de pino radiata con autocargador (TIMBERJACK 1410B)



Figura 49. Desembosque de pino radiata con tractor autocargador (CASE 1255XL)

4.2. LAS MAJADAS DE RONDA Y EL BERRUECO

4.2.1. Trabajos de desembosque



Figura 50. Desembosque de alcornoque con tractor autocargador (CASE 1255XL)

4.2.2. Trabajos de astillado



Figura 51. Parque de astillado

4.2. LAS MAJADAS DE RONDA Y EL BERRUECO



Figura 52. Skidder con cable (TECFORM 500Z)

4.3.1. Trabajos de desembosque



Figura 53. Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)

4.3. SIERRA BLANCA Y BERMEJA

4.3.2. Trabajos de astillado



Figura 54. Parque de astillado

4.3. SIERRA BLANCA Y BERMEJA



Figura 55. Tractor oruga con cabrestante (LANDINI Trekker)

4.4.1. Trabajos de desembosque



Figura 56. Tractor oruga con cabrestante (SAME Kripton)

4.4. LAS CONEJERAS Y MADROÑALES

4.4.1. Trabajos de desembosque



Figura 57. Mini retroexcavadora (AVANT TECNO)

4.4.2. Trabajos de astillado



Figura 58. Parque de astillado

4.4. LAS CONEJERAS Y MADROÑALES



Figura 59. Skidder con cable (TECFORM 500Z)



Figura 60. Autocargador doble eje (TIMBERJACK 1410B)

4.5. BARRANCA HONDA Y BALLESTEROS

4.5.2. Trabajos de astillado



Figura 61. Parque de astillado

4.5. BARRANCA HONDA Y BALLESTEROS

6

Bibliografía

- ALMAGRO C. *et al* (2001) "El estado actual de la gestión de los residuos forestales en España".
- AMBROSIO, Y. *et al.* (2005) "Estudio de tiempos y rendimientos de cosechadoras forestales en una serie de aprovechamientos de primera clara en masas de *Pinus radiata* y *Pinus sylvestris* en el Distrito Forestal VII de Galicia".
- AMBROSIO, Y. *et al.* (2007) "El control de tiempos y rendimientos en los trabajos forestales. El programa Kronos" Revista Montes Nº 87. Primer Trimestre 2007. Pg 14-20.
- ANAYA, H. (1986) "Aprovechamiento forestal: Análisis de apeo y transporte".
- ARNAL, P. y LAGUNA, A. (1975) "Tractores y Motores agrícolas". M.A.P.A. y Ediciones Mundi Prensa.
- ARRANZ SANTOS, C. *et al.* (2007) "Manual de aprovechamientos forestales". Editorial Rufino Nieto Ojeda.
- BARAZA, C. (2009) "Ensayos y resultados del aprovechamiento de biomasa forestal en las masas forestales de las comarcas turolenses de Gúdar-Javalambre y Maestrazgo.
- BESEL S.A. (2007)"Biomasa: Maquinaria agrícola y forestal". Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- CAMPS, M. (2008) "Los biocombustibles". 2ª edición. Madrid. Ediciones Mundi Prensa.
- CANGA, E. *et al.* (2009) "Modelización de la biomasa arbórea y evaluación de rendimientos y costes en una clara de *Pinus pinaster* para la obtención de biomasa en Asturias".
- DE LA MAZA, J. (1970) "Criterios y factores que condicionan los aprovechamientos forestales". Editorial Ministerio de Agricultura. Madrid.
- EMPRESA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL. Consejería de Medio Ambiente. Analisis de costes de las actuaciones forestales y estudio de viabilidad de aprovechamiento de la biomasa generada. Montes: Rio Madera y Navahondona. Parque Natural "Sierras de Cazorla, Segura y las Villas ".
- LAINA, R. *et al.* (2009) "Rendimiento y costes de aprovechamientos de biomasa forestal con fines energéticos en clareos de *Pinus sylvestris L.* y resalveos de *Quercus pirenaica Wild* en Castilla y León.
- MARCOS F. *et al.* (1997) "Sistema experto para la elección del aprovechamiento forestal".
- MONTOYA, M. y MESÓN, M. (1993) "Selvicultura Mediterránea". Editorial Mundiprensa.
- NIETO, R. y SORIA, J. (1995) "Motores y Maquinaria Forestal" Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura. 2ª edición.
- PARRA, M., CAREY, P. (2000) "*Consideraciones metodológicas para la evaluación de la cortadora-procesadora (harvester) en operaciones forestales*". Revista Bosque 21(2): pg 137-146.
- PRADES, C. y RUBIO, J. (1997) "Características funcionales de los autocargadores ligeros de transmisión hidrostática". Revista Montes. Nº 49. Tercer trimestre.
- RUBIO, J. *et al.* (1993) "Mecanización integral de los aprovechamientos forestales" Servicio de publicaciones de EUIT Forestal.
- RUBIO, J. *et al.* (2001) "Propuesta tecnológica y logística para aprovechamientos forestales en Andalucía Oriental".
- TOLOSANA, E. *et al.* (2000) "El aprovechamiento maderero". Editorial Conde del Valle Salazar. Mundiprensa.
- TOLOSANA, E. *et al.* (2001) "Rendimientos, costes y efectos ambientales de las claras mecanizadas sobre repoblaciones de *Pinus sylvestris L.* en España". Investigación Agraria: Sistemas de Recursos Forestales. Vol11 (1). Madrid.
- TOLOSANA, E. (2009). "Manual Técnico para el aprovechamiento y elaboración de biomasa forestal". Ediciones Mundi Prensa.

- TOLOSANA, E. *et al.* (2009) "Sistemas de trabajo y logística para el aprovechamiento de biomasa en choperas".
- SEBASTIÁN, F. *et al.* (2010) "Energía de la biomasa" (Volumen I). Prensa Universitarias de Zaragoza.
- VALLADARES, A. (1974) "Maquinaria de explotación forestal y su utilización". Ministerio de Agricultura. Madrid.
- VELÁZQUEZ, B. (2006) "*Aprovechamiento de los residuos forestales para uso energético*". Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- VIGNOTE, S. *et al.* (1993) Los tractores en la explotación forestal. M.A.P.A. y Ediciones Mundi Prensa.
- VIGNOTE, S., MARTINEZ, I. (2006) Tecnología de la madera. Ediciones Mundi Prensa.