

Serie  
Forestal N° 5

PLAN DE APROVECHAMIENTOS  
DE LA MASA FORESTAL RESIDUAL  
DE CASTILLA-LA MANCHA.

Experiencias del primer año de gestión



*Fotografías de los autores y de la Comunidad de Castilla-La Mancha*

*Editor:*

*Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha  
Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural  
Dirección General del Medio Natural*

*Supervisión y control de la publicación:*

*Sergio Martínez Sánchez-Palencia - Jefe Servicio Forestal*

*Diseño y Maquetación:*

*P. Distimar, S.L.*

*Impresión:*

*P. Distimar, S.L.*

*Impreso en papel reciclado "CyclusOffset"*

*Fecha de impresión: junio de 2008*

*Depósito Legal: TO 0536-2008  
ISBN: 978-84-7788-510-2*



## **PLAN DE APROVECHAMIENTOS DE LA MASA FORESTAL RESIDUAL DE CASTILLA-LA MANCHA**

**Coordinador:**

**Sergio Martínez Sánchez-Palencia (Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural)**

**Redacción:**

**Gema Millán Adán y Javier García Duque (Grupo TRAGSA).**

**Grupo de Trabajo:**

**Albacete.- Enrique del Pozo Garnica (Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural) y Antonio Aroca García (Grupo TRAGSA).**

**Ciudad Real.- José María Toledano Toledano (Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural) y Laura Ruiz Bernal (Grupo TRAGSA).**

**Cuenca.- Francisco Javier Zaballos García (Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural) y Pedro Díaz Espinar (Grupo TRAGSA).**

**Guadalajara.- Alfredo Chavarría Samper (Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural) y Javier García Hernández (Grupo TRAGSA).**

**Toledo.- Miguel Gamo Basaganyes (Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural) y José Ramón Aira Zunzuneguí (Grupo TRAGSA).**

**Mayo 2008**



La Sociedad Occidental se caracteriza por el alto consumo energético que necesita su forma de vida. El proceso de globalización existente ha originado la aparición en el escenario mundial de sociedades emergentes, procedentes del antiguo “Tercer Mundo”, que aspiran a mejorar de forma significativa su nivel de vida. Resultado un incremento importante consumo de materias primas a nivel mundial.

Este hecho conlleva una fuerte actividad humana con elevados consumos de energía cuyo origen son los combustibles fósiles, mayoritariamente petróleo, gas y carbón. Consecuencia inmediata, incrementos de compuestos químicos que ya existían en la superficie terrestre, que rompen el equilibrio de sus ciclos naturales como es el caso del CO<sub>2</sub> y los compuestos sulfurosos, y la aparición de nuevos compuestos, esto provoca fenómenos significativos de contaminación, lluvia ácida, calentamiento global, efecto invernadero, modificaciones en la capa de ozono, etc.

Por ello la Sociedad, y las Administraciones Públicas que las representan, muestra cada vez más un elevado grado de preocupación, intentando paliar en la medida de lo posible esta situación a través de políticas energéticas de sustitución mediante las llamadas energías renovables, en un principio más limpias y favorables, contribuyendo así de manera importante a cumplir los compromisos y objetivos establecidos en el Protocolo de Kyoto para nuestro país.

La biomasa es una de estas energías, su desarrollo y aplicación trae consigo unos importantes beneficios que otras energías no proporcionan, valorizan un producto forestal de valor inexistente en la actualidad, reparte un beneficio económico a sus propietarios, los trabajos para su obtención son el complemento ideal de otras actuaciones forestales al eliminar los residuos que se producen, provoca un incremento del empleo en la obtención, manipulación y transporte de la materia prima, en la generación de energía, así como en empresas de servicios y mantenimiento de maquinaria, infraestructuras e instalaciones. Todo esto trae como consecuencia la creación de pequeñas empresas cooperativas o de carácter familiar de carácter local, contribuyendo de forma notoria al desarrollo rural.



Esta Consejería, dentro de su ámbito competencial, debe contribuir a este objetivo, y para ello ha iniciado una serie de experiencias, enmarcadas dentro del “Plan de Aprovechamiento de la Masa Forestal Residual de Castilla-La Mancha”, para la puesta en valor energético de la masa forestal residual de nuestros montes.

Esta publicación es el informe final elaborado con motivo de estas experiencias, y su principal objetivo es difundir los primeros pasos dados en esta materia para valorizar energéticamente un residuo que, en un futuro no muy lejano, probablemente será un producto más de nuestros montes.

Espero que su contenido sea de utilidad para las personas interesadas en este tema.

**Fdo. José Luis Martínez Guijarro.**

**EL CONSEJERO DE MEDIO AMBIENTE  
Y DESARROLLO RURAL**

La presente publicación es la transcripción del informe emitido con motivo de la ejecución de la primera anualidad del “Plan de Aprovechamiento de la Masa Forestal Residual de Castilla-La Mancha”, en la que han participado técnicos de toda la Región, tanto de la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural como del Grupo TRAGSA.

Este informe no tiene otro objeto que la transcripción fidedigna de los trabajos realizados sin más pretensiones que la de mostrar la realidad encontrada en los trabajos realizados en el día a día, en un tema que está en sus primeros pasos y que sin duda evolucionará muy rápidamente, dejando en un futuro muy próximo antiguas esta, y otras experiencias similares que actualmente se están realizando.

Este informe se indican las formas de inventariación de la biomasa forestal, adaptando el inventario al diseño operativo más apropiado según la caracterización de los escenarios de actuación, previa una definición de modelos, se ha efectuado estudio de costos para cada modelo, se ha procedido a una cuantificación de la biomasa potencial existente y la realmente aprovechable. Se han ensayado con diferente maquinaria.

Los resultados recogen la experiencia obtenida en las cinco provincias castellano-manchegas, y para ocho especies, cuatro pináceas y tres quecíneas, tanto en recogida de residuos forestales en masas naturales, como para productos no comerciales en masas procedentes de repoblación artificial.

Para cada parcela se ha elaborado una ficha en la que se indican su localización, superficie de trabajo, tipo de rodal, especie, estructura, FCC, índice de espesura, densidad, presencia de matorral, infraestructuras, fisiografía, trabajo realizado, maquinaria empleada, una fotografía descriptiva de la parcela, así como una serie de cuadros y gráficos descriptivos de los resultados obtenidos, rendimientos y costes de la maquinaria empleada, costes operativos unitarios y globales de la operación. También figuran cuadros comparativos de resultados de conclusiones.

**Fdo: José Ignacio Nicolás Dueñas**  
**Director General de Política Forestal**

## ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN.....	7
2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	9
3 DESARROLLO DE LOS TRABAJOS.....	13
3.1 ESCENARIOS Y ACTUACIONES REALIZADAS .....	16
3.1.1 Provincia de Cuenca .....	18
3.1.2 Provincia de Albacete.....	25
3.1.3 Provincia de Toledo .....	27
3.1.4 Provincia de Guadalajara .....	29
3.1.5 Provincia de Ciudad Real.....	36
3.2 INVENTARIO DE LA MASA FORESTAL.....	40
4 RESULTADOS .....	42
4.1 BIOMASA REAL OBTENIDA A PIE DE CAMPO .....	42
4.2 ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA TEÓRICA ARBÓREA .....	43
4.3 CÁLCULO DE LA BIOMASA PROCEDENTE DE LA FRACCIÓN DE MATORRAL BAJO ARBOLADO.....	45
4.4 BIOMASA TEÓRICA Y RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA OBTENIDOS A PIE DE CAMPO.....	45
4.4.1 Provincia de Cuenca .....	45
4.4.2 Provincia de Albacete.....	63

4.4.3	Provincia de Toledo .....	50
4.4.4	Provincia de Guadalajara .....	69
4.4.5	Provincia de Ciudad Real.....	89
4.5	COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	82
5.5.1	Biomasa obtenida .....	82
5.5.2	Aforos .....	83
5.5.3	Costos .....	84
5	CONCLUSIONES.....	83
6	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS .....	88
7	ANEXO: MAQUINARIA EMPLEADA EN LOS TRABAJOS REALIZADOS .....	89

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia económica de un país, existe una correspondencia entre su nivel de vida, su crecimiento económico y el incremento de la demanda de energía.

El aprovechamiento de productos residuales forestales para producir alguna forma de energía se repite siempre que las circunstancias en el mercado de la energía provocan fuertes subidas en el precio de los carburantes de origen fósil, poniéndose así de manifiesto la fuerte dependencia de la economía y la forma de vida occidental frente a los vaivenes políticos de los países productores de las materias primas de las cuales se obtienen estos productos.

La crisis energética iniciada en octubre de 1973 con la subida de los precios de los crudos y las restricciones de oferta aplicadas por los países de la OPEP (Organización de los Países Exportadores de Petróleo) provocó el alza de los precios de los crudos, que fue acompañado de subidas, aunque algo menores, de los precios de otras energías primarias.

Tras la crisis de 1973, el precio del crudo se mantuvo estable hasta finales de la década, en que experimentó una nueva subida aún más espectacular, triplicando los precios de 1973, debido al estallido de la guerra Irán-Irak. A mediados de los ochenta los precios se estabilizaron, con bajadas ocasionales. En 1991, la guerra del Golfo disparó de nuevo el valor del barril hasta niveles nunca alcanzados antes, pero cayó en picado al término del conflicto.

El encarecimiento del combustible provocó, por tanto, la necesidad del ahorro energético y la búsqueda de energías alternativas renovables. Situación esta que en la actualidad se vuelve a repetir.

La biomasa forestal reúne características que la convierten en un recurso energético válido competitivo en el mercado de las energías renovables. La generación de energía a través de la biomasa forestal abre la puerta al aprovechamiento sostenible de un recurso que hasta ahora era considerado un residuo no aprovechable.

La Administración Pública, y a consecuencia de estos acontecimientos, al menos en dos ocasiones, ha impulsado y

financiado intentos para regularizar este aprovechamiento, a principios de la década de los años ochenta y a mediados de los años noventa, sin que se haya llegado a consolidar este recurso como aprovechamiento.

El destino de esta biomasa en forma de astilla fue principalmente su consumo en hornos y calderas de calefacción.

Al contrario de lo ocurrido con los residuos forestales obtenidos directamente de las masas forestales, en los que la dispersión del residuo encarece el precio, los subproductos forestales obtenidos en procesos industriales, hasta ese momento considerados como residuos o restos sin valor, se consolidaron como un aprovechamiento más del proceso industrial, obteniendo de ellos una energía que, o bien es consumida directamente en el proceso industrial, o bien es incorporada al sistema eléctrico.

Las causas que han ocasionado esta consolidación indudablemente han sido la concentración de la oferta, la fácil logística para su comercialización y la necesidad de su eliminación como residuo industrial.



Foto nº 1: Manipulación de biomasa forestal.

## 2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

En la actualidad vivimos una época en que se repite el escenario ya descrito con anterioridad, es decir, subida del precio de los combustibles y una excesiva dependencia de los países productores. Para España, la diversificación de las fuentes de energía y la limitación de la dependencia energética exterior en la medida de lo posible, aportan estabilidad a la economía nacional y contribuyen a reducir el déficit comercial de la balanza de pagos.

Por otra parte, el cambio climático está considerado actualmente uno de los mayores problemas medioambientales de nuestro planeta. Para minimizar las consecuencias del mismo, a través de la estabilización de los niveles de gases causantes del efecto invernadero en la atmósfera se presentó, en 1992, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC), entrando en vigor el 21 de Marzo de 1994 y siendo uno de los acuerdos internacionales más ampliamente aceptados.

El Protocolo de Kyoto (Kyoto, 1997) de la UNFCCC establece compromisos de emisiones de gases efecto invernadero y las reglas generales para su cumplimiento. El objetivo es la reducción de emisiones en un 5,2%, para el período 2008-2012, respecto a los niveles del año 1990. La Unión Europea tiene un compromiso de reducción de un 8% respecto al año base. El Protocolo de Kyoto entró en vigor el 16 de Febrero de 2005, siendo un acuerdo vinculante para las partes que lo hayan ratificado.

Dentro de la burbuja europea, a España se le ha asignado el compromiso de limitar el crecimiento neto de las emisiones de gases efecto invernadero de forma que durante el periodo 2008-2012 las emisiones de los seis gases del Protocolo de Kyoto no aumenten en más de un 15% sobre la cifra del año base.

En línea con este compromiso, el 2º Plan Nacional de Asignaciones 2008-2012 establece la senda de cumplimiento del Protocolo de Kyoto, donde se refleja que se considerará un 2 % de absorciones netas por sumideros de carbono y el crecimiento en el uso de las energías renovables representará una aportación del consumo bruto de electricidad del 32 % en 2012.

Como consecuencia, se produce un nuevo intento de aprovechamiento de la biomasa forestal, que difiere mucho de los efectuados con anterioridad, ya que posee algo que las anteriores ocasiones carecieron:

- Es un hecho necesario y obligado, como se pone de manifiesto por la “Política de la Unión Europea en Materia de Energías Renovables” que, a través de distintos documentos europeos, tiene como objetivo que el 12 % de la energía consumida en su ámbito territorial proceda de Energías Renovables y, de este porcentaje, el 0,55 proceda de biomasa. Supone el 6,6 % de la energía total consumida.
- Es un acto planificado, a través del “Plan de Energías Renovables en España 2005-2010”, que mantiene como objetivo la cifra del 12 % como porcentaje de energía obtenida de recursos renovables, pero disminuye hasta el 0,45 el cupo correspondiente al uso de biomasa para su obtención. Esto supone el 5,4 % de la energía total consumida.
- Es un proceso institucionalizado, a través de la Orden PRE/472/2004, de 24 de febrero, por la que se crea la Comisión Interministerial para el aprovechamiento energético de la biomasa.
- En la propuesta de directiva de la UE para la promoción de energías renovables para el período 2013-2020, se establece un objetivo de un 20 % de energías renovables.

Dentro de este marco descrito, la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural, elaboró y aprobó el 30 de septiembre de 1995, el **“Plan de Aprovechamiento de la Masa Forestal Residual en Castilla-La Mancha”**, el cual fue actualizado para adaptarlo a las indicaciones emanadas desde el Ministerio de Medio Ambiente, el 4 de septiembre de 2006.

En este plan ante la carencia de datos reales, tanto de existencias, como de costos y de comercialización del producto obtenido, se establecen cinco tipos diferente de programas de actuación que describimos brevemente.



- Programa de inventario y planificación.- Se propone determinar los datos reales de biomasa forestal residual que se genera en los diferentes tipos de trabajos forestales y estimar de una forma genérica su cuantía, con el objetivo último de poder cuantificar en su momento, y si ello se considerase necesario, los residuos forestales generados en tratamientos selvícolas y cortas.

- Programa de investigación y desarrollo.- Uno de los principales problemas que dificultan el aprovechamiento de la biomasa residual forestal es la ausencia de maquinaria específica; con este programa se pretende el estudio de nuevos aperos, su adaptación y modificación, así como determinar la maquinaria más apropiada para este tipo de producto.

- Programa de aprovechamiento.- Debido a los actuales avances tecnológicos y a las nuevas maquinarias existentes en el mercado, existe un desconocimiento e inexperiencia de cómo aplicar la misma bajo los criterios de menor costo y mayor eficacia.

Con este programa se pretende optimizar metodologías y recursos empleados y coordinar de forma eficaz las distintas fases que existen en el aprovechamiento de biomasa forestal residual, consiguiendo una mayor eficacia en el uso de la distinta maquinaria que es necesario emplear y elimine los tiempos muertos que se puedan originar.

- Programa de eliminación de biomasa forestal residual.- Como consecuencia inmediata de los trabajos realizados se obtendrá una cantidad de biomasa, que hemos de considerar como “producto comercial”, bien en forma de pacas, de disgregados o de astilla.

Es objetivo de este Programa conseguir su comercialización, bien como producto energético, que sería lo más apropiado y deseable, o como producto sustitutivo de otros productos liberadores o consumidores de CO<sub>2</sub>, y en último lugar (en caso de ser imposible esta comercialización), se procedería a su incorporación al suelo de los terrenos forestales de donde se obtiene como elemento mejorante de su estructura.

Así se comprobará primero la viabilidad de la biomasa forestal residual como producto comercial, determinando los aspectos que dificultan, e incluso impiden en algunas ocasiones esta comercialización (puntos débiles de la cadena de comercialización), y podremos deducir cuales son las posibles medidas y actuaciones que se pueden acometer para comercializar este producto de forma rentable, al menos para el propietario de la misma.

Estas actuaciones permitirán establecer las posibilidades de suministro de biomasa de origen forestal para generación energética en plantas apropiadas contemplando y definiendo:

- Diseño operativo más apropiado según la caracterización de escenarios de actuación (definición de modelos)
- Costos implicados en el aprovechamiento, para cada modelo ensayado.
- Impactos derivados del aprovechamiento.
- Cuantificación de la biomasa potencial existente y la realmente aprovechable.

Una de las carencias para efectuar con rentabilidad del aprovechamiento del recurso de los restos de trabajos forestales es la falta de maquinaria específica para su preparación en el monte, maquinistas y métodos que hagan rentable su aprovechamiento y faciliten el transporte. En el “Plan de Aprovechamientos de la Masa Forestal de Castilla-La Mancha” también se llevará a cabo, por tanto, la investigación y desarrollo de estos aspectos.

### 3 DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

Se han llevado a cabo distintos tipos de actuaciones y ensayos piloto en Castilla-La Mancha, con las que se pretende conocer las existencias actuales y futuras de biomasa forestal residual, costos de explotación de la misma en todas sus fases y determinar la viabilidad de ésta como producto energético, tanto en sus aspectos bioenergéticos (calorífico o generador de electricidad) como productor de biocombustible.

Las actuaciones en materia de biomasa forestal residual se han efectuado siguiendo lo indicado en el “Plan de Aprovechamiento de la Masa Forestal Residual en Castilla-La Mancha”. Para ello, en una primera fase, se eligieron en esta Comunidad Autónoma 50 posibles escenarios para la obtención de este producto, distribuidos por zonas geográficas en las que se tuvo en cuenta para su elección, fundamentalmente, la especie forestal y la tipología de los aprovechamientos forestales (claras, clareos, cortas y residuos obtenidos de tratamientos selvícolas preventivos de incendios).

**Tabla 1: Escenarios de actuación propuestos inicialmente.**

	<b>Albacete</b>	<b>Ciudad Real</b>	<b>Cuenca</b>	<b>Guadalajara</b>	<b>Toledo</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Pino silvestre</b>	-	-	4	4	-	<b>8</b>
<b>Pino laricio</b>	3	-	4	3	-	<b>10</b>
<b>Pino rodeno</b>	-	4	3	3	3	<b>13</b>
<b>Pino carrasco</b>	4	-	-	-	3	<b>7</b>
<b>Pino piñonero</b>	-	1	1	-	-	<b>2</b>
<b>Encina</b>	1	1	1	2	-	<b>5</b>
<b>Quejigo y Rebollo</b>	-	1	2	2	-	<b>5</b>
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>50</b>

Por razones presupuestarias, de estos 50 escenarios iniciales, se procedió a realizar una segunda elección de parcelas que, a priori, cubren las especies más representativas y las situaciones más habituales que se pueden encontrar en los terrenos forestales de Castilla-La Mancha.

**Tabla 2: Escenarios de actuación finalmente estudiados.**

<b>Especie principal</b>	<b>Albacete</b>	<b>Ciudad Real</b>	<b>Cuenca</b>	<b>Guadalajara</b>	<b>Toledo</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Pino silvestre</b>	-	-	-	-	-	<b>0</b>
<b>Pino laricio</b>	1	-	2	-	-	<b>3</b>
<b>Pino rodeno</b>	-	-	-	2	1	<b>3</b>
<b>Pino carrasco</b>	-	-	2	-	-	<b>2</b>
<b>Pino piñonero</b>	-	1	-	-	-	<b>1</b>
<b>Encina</b>	-	1	-	1	-	<b>2</b>
<b>Quejigo y Rebollo</b>	-	-	-	1	-	<b>1</b>
<b>Matorral</b>	-	-	-	1	-	<b>1</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>13</b>

Para la elección de los escenarios se han tenido en cuenta una serie de parámetros:

- Parámetros de primer orden:

Se trata de aquellos que afectan al diseño general de la actuación. Así, teniendo en cuenta los recursos presentes, se determina cómo trabajar en cada una de las zonas.

- Parámetros descriptivos:

Son aquellos que no repercuten en el diseño del procedimiento a seguir, sino que únicamente aportan datos adicionales sobre el escenario.

De esta forma, en cada una de las provincias se realizaron visitas a zonas posibles en las que llevar a cabo los trabajos. Una vez escogidas las zonas, se elaboró una ficha en cada una de ellas con sus parámetros de primer orden, tales como la pendiente, la estructura de la masa, la densidad de pies, etc.

Teniendo en cuenta estos parámetros, se diseñó un método de trabajo, con la maquinaria y, en su caso, con el personal auxiliar necesario para llevar a cabo las operaciones en cada

aprovechamiento. Por regla general, las operaciones realizadas fueron: apeo, saca, agrupado, empacado, astillado, transporte y trabajos auxiliares.

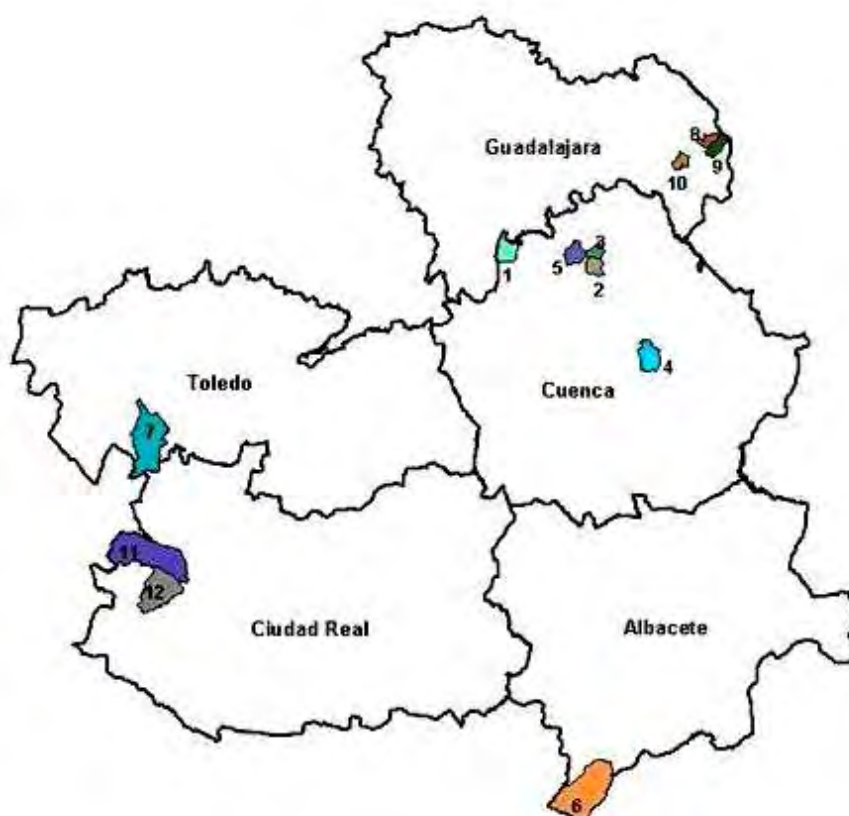
Con respecto al apeo, es importante destacar que no se ha realizado en todos los escenarios propuestos. En algunos ya existían restos de intervenciones selvícolas en los que los trabajos realizados se limitaron únicamente a la recogida de dichos restos. En éstos, los datos tomados tienen únicamente carácter informativo.

Durante el desarrollo de los trabajos efectuados desde noviembre de 2006, se ha perseguido como objetivo específico de este epígrafe determinar la potencialidad como recurso de los restos de tratamientos selvícolas y preventivos de incendios, y de las claras y clareos que habitualmente se realizan por los Servicios Provinciales de Medio Natural de la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural.



Foto nº 2.- Carga de biomasa forestal

### 3.1 ESCENARIOS Y ACTUACIONES REALIZADAS



#### Zonas de actuación

- Escenario 1: TM: Buendía
- Escenario 2: Monte CU-3163 TM: Torralba (Cuenca)
- Escenario 3: Monte CU-3151 TM: Albalate de las Nogueras (Cuenca)
- Escenario 4: Monte CU-128 TM: Fuentes (Cuenca)
- Escenario 5: Monte CU-3052 TM: Cañaveras (Cuenca)
- Escenario 6: Monte AB-1054 TM: Nerpio (Albacete)
- Escenario 7: Monte Elenco 3049 TM: Los Navalucillos (Toledo)
- Escenario 8: Monte GU-142 TM: Hombrados (Guadalajara)
- Escenario 9: Monte GU-142 TM: Hombrados-El Pobo (Guadalajara)
- Escenario 10: Monte GU-205 TM: Torrecuadrada de Molina (Guadalajara)
- Escenario 11: Monte nº 62 TM: Puebla de Don Rodrigo (Ciudad Real)
- Escenario 12: Monte nº 55 TM: Saceruela (Ciudad Real)

Los escenarios de actuación, así como los trabajos llevados a cabo en cada uno de ellos, son los siguientes:

**Tabla 3: Resumen de trabajos realizados en cada zona de actuación.**

Localización		Especie	Trabajos realizados
Escenario	Término municipal		
1	Embalse de Buendía (Cuenca)	<i>Pinus halepensis</i>	Pruebas de maquinaria
2	Torralba (Cuenca)	<i>Pinus halepensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inventario dendrométrico</li> <li>▪ Apeo</li> <li>▪ Recogida de residuos</li> <li>▪ Astillado</li> </ul>
3	Albalate de las Nogueras (Cuenca)	<i>Pinus nigra</i> var. <i>austriaca</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inventario dendrométrico</li> <li>▪ Apeo</li> <li>▪ Recogida de residuos</li> <li>▪ Astillado</li> </ul>
4	Fuentes (Cuenca)	<i>Pinus nigra</i> var. <i>salzmannii</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inventario dendrométrico</li> <li>▪ Apeo</li> <li>▪ Recogida de residuos</li> <li>▪ Astillado</li> </ul>
5	Cañaveras (Cuenca)	<i>Pinus halepensis</i>	Apilado y empacado de residuos de cortas anteriores
6	Nerpio (Albacete)	<i>Pinus nigra</i>	Recogida de residuos de cortas anteriores
7	Los Navalucillos (Toledo)	<i>Pinus pinaster</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inventario dendrométrico</li> <li>▪ Apeo</li> <li>▪ Recogida de residuos</li> <li>▪ Astillado o empacado</li> </ul>
8	Hombrados (Guadalajara)	<i>Pinus pinaster</i> <i>Quercus faginea</i> <i>Cistus laurifolius</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inventario dendrométrico</li> <li>▪ Apeo</li> <li>▪ Apilado de los residuos</li> <li>▪ Astillado</li> </ul>
9	Hombrados - El Pobo (Guadalajara)	<i>Pinus pinaster</i> <i>Quercus faginea</i> <i>Cistus laurifolius</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inventario dendrométrico</li> <li>▪ Apeo</li> </ul>

Localización		Especie	Trabajos realizados
Escenario	Término municipal		
			<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Apilado de los residuos</li><li>▪ Astillado</li></ul>
10	Torre Cuadrada de Molina (Guadalajara)	<i>Quercus ilex</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Inventario dendrométrico</li><li>▪ Recogida de residuos de cortas anteriores</li></ul>
11	Puebla de D. Rodrigo (Ciudad Real)	<i>Quercus ilex</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Inventario dendrométrico</li><li>▪ Resalveo</li><li>▪ Apilado de los residuos</li><li>▪ Astillado</li></ul>
12	Saceruela (Ciudad Real)	<i>Pinus pinea</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Inventario dendrométrico</li><li>▪ Apeo</li><li>▪ Recogida de residuos</li><li>▪ Astillado</li></ul>

### 3.1.1 Provincia de Cuenca

#### Escenario 1: Embalse de Buendía

El Embalse de Buendía, latizal de *Pinus halepensis*, fue escogido únicamente con el fin de realizar las primeras pruebas con la procesadora Timberjack 870 B con cabezal Feller Buncher para la familiarización del maquinista con la misma.



**Foto nº 3.- Recogida mediante ciclón de biomasa forestal.**





## Escenario 2: Monte CU-3163

**T.M.:** Torralba

**Superficie de trabajo:** 17,05 ha

**Tipo de rodal:** Latizal alto de pino carrasco de unos 20 - 25 años de edad (replantación)

**Especie:** *Pinus halepensis*

**Estructura:** Regular

**FCC:** 85 %

**Índice de espesura:** Completa

**Densidad:** 1.118 pies/ha

**Rango de diámetros:** 9 - 12 cm.

**Rango de pesos:** 35 - 55 kg/pie

### PRESENCIA DE MATORRAL

**Romero (*Rosmarinus officinalis*)**

**Cobertura:** < 5 %

**Altura media:** 0,3 m.

**Aliaga (*Ulex sp*)**

**Cobertura:** 10 %

**Altura media:** 0,7 m.

### FISIOGRAFÍA

**Altitud media:** 1.140 m.

**Pendiente:** Moderada (12 %)

**Pedregosidad:** Escasa

### PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene acceso</li> <li>• Infraestructura suficiente para realizar el desemboque</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pistas no asfaltadas</li> <li>• Movilidad buena</li> <li>• Transitabilidad difícil en época de lluvias</li> </ul> |
|--|--|

### TRABAJO REALIZADO Y MAQUINARIA EMPLEADA

**Trabajo**

- Clareo del arbolado mediante la corta de pies enteros, situándolos a pie de

<b>realizado</b>	pista para ser astillados (corta de una calle cada cuatro y empleo de la procesadora sobre dos calles arriba y una abajo). <ul style="list-style-type: none"><li>• Introducción de las astillas en contenedores pesados a la llegada a la planta de bioenergía antes de su análisis y posterior aprovechamiento.</li></ul>
<b>Maquinaria</b>	Procesadora Timberjack 870 B con cabezal Feller Buncher (cabezal múltiple)
	Procesadora Timberjack 1270 con cabezal desramador
	Autocargador Forestal Timberjack, modelo 1210 B
	Astilladora JENZ HEM 561 Z remolcada por tractor de ruedas con grúa
	Camiones de transporte



### Escenario 3: Monte CU-3151

**T.M.:** Albalate de las Nogueras  
**Superficie de trabajo:** 12,74 ha

**Tipo de rodal:** Latizal alto de pino laricio de unos 20 - 25 años de edad.

**Especie:** *Pinus nigra* var. *austriaca*

**Estructura:** Regular

**FCC:** 70 %

**Índice de espesura:** Incompleta

**Densidad:** 957 pies/ha

**Rango de diámetros:** 10 - 15 cm.

**Rango de pesos:** 40 - 60 kg/pie

#### PRESENCIA DE MATORRAL

**Romero (*Rosmarinus officinalis*)**

**Cobertura:** < 5 %

**Altura media:** 0,3 m.

**Aliaga (*Ulex sp*)**

**Cobertura:** 10 %

**Altura media:** 0,7 m.

#### FISIOGRAFÍA

**Altitud media:** 1.140 m.

**Pendiente:** Moderada (12 %)

**Pedregosidad:** Escasa

#### PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS

- Tiene acceso
- Infraestructura suficiente para realizar el desembosque

- Pistas no asfaltadas
- Movilidad buena
- Transitabilidad buena

#### TRABAJO REALIZADO Y MAQUINARIA EMPLEADA

**Trabajo**

- Clareo a partir de calles realizadas según la línea de máxima pendiente.

<b>realizado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación de pies enteros a pie de pista para ser astillados posteriormente.</li> <li>Transporte de la astilla a instalaciones de bioenergía para su aprovechamiento.</li> </ul>
<b>Maquinaria</b>	Procesadora Timberjack 870 B con cabezal Feller Buncher (cabezal múltiple)
	Procesadora Timberjack 1270 con cabezal desramador
	Autocargador Forestal Timberjack, modelo 1210 B
	Astilladora JENZ HEM 561 Z remolcada por tractor de ruedas con grúa



Camiones de transporte	
<p><b>Escenario 4:</b> <b>Monte CU-128</b></p> <p><b>T.M.:</b> Fuentes <b>Superficie de trabajo:</b> 20 ha</p> <p><b>Tipo de rodal:</b> Monte uniforme procedente de una repoblación forestal realizada hace unos 50 años. Latizal alto. <b>Especie:</b> <i>P. nigra</i> subsp. <i>salzmanii</i> <b>Estructura:</b> Regular <b>FCC:</b> 90 % <b>Índice de espesura:</b> Completa <b>Densidad:</b> 699 pies/ha <b>Rango de diámetros:</b> 15 - 20 cm. <b>Rango de pesos:</b> 70 - 120 kg/pie</p>	
<b>PRESENCIA DE MATORRAL</b>	<b>FISIOGRAFÍA</b>

Ausencia de sotobosque		<b>Altitud media:</b> 1.100 m. <b>Pendiente:</b> Terreno llano <b>Pedregosidad:</b> Escasa
<b>PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiene acceso</li> <li>Infraestructura suficiente para realizar el desembosque</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Pistas no asfaltadas</li> <li>Movilidad buena</li> <li>Transitabilidad buena</li> </ul>
<b>TRABAJO REALIZADO Y MAQUINARIA EMPLEADA</b>		
<b>Trabajo realizado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apertura de una o dos calles paralelas al camino para reducir el impacto visual y, para facilitar los trabajos, realización de la clara perpendicularmente a las calles.</li> <li>En algunos casos, la elevada densidad de la masa ha requerido la eliminación de una línea para facilitar la entrada de la maquinaria. En otros, dada la amplitud existente entre líneas, no ha sido necesario.</li> <li>La corta se ha realizado con procesadora, sacando los pies enteros a pista con autocargador, donde han sido procesados y separados los fustes maderables y ramaje y descope. El descope se ha realizado a un diámetro de 12-15 cm. El resto del fuste tendrá aprovechamiento comercial.</li> </ul>	
<b>Maquinaria</b>	Procesadora Timberjack 1270 con cabezal desramador	
	Autocargador Forestal Timberjack, modelo 1210 B	
	Astilladora JENZ HEM 561 Z remolcada por tractor de ruedas con grúa	
	Tractores con remolque para saca de astilla en condiciones de lluvia	
	Camiones de transporte	



## Escenario 5:

## Monte CU-3052

T.M.: Cañaveras

Superficie de trabajo: 40 ha

**Tipo de rodal:** Latizal alto de pino carrasco procedente de repoblación

La edad media de la masa oscila entre los 60 y 80 años.

**Especie:** *Pinus halepensis*

**Estructura:** Regular

**FCC:** 75 %

**Índice de espesura:** Incompleta

**Rango de diámetros:** 12 - 28 cm.

PRESENCIA DE MATORRAL		FISIOGRAFÍA
Ausencia de sotobosque		<b>Altitud media:</b> 900 m. <b>Pendiente:</b> 80 % de terreno llano Resto: Moderada (12 %) <b>Pedregosidad:</b> Flotante
PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiene acceso</li> <li>Infraestructura suficiente para realizar el desembosque</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Pistas no asfaltadas</li> <li>Movilidad buena</li> <li>Transitabilidad buena</li> </ul>
TRABAJO REALIZADO Y MAQUINARIA EMPLEADA		
<b>Trabajo realizado</b>	<p>Cortas finales realizadas previamente.</p> <p>Recogida de restos de cortas finales de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reunión de restos de las intervenciones selvícolas mecánicamente y apilado en montones en zonas accesibles para la empacadora, mediante un tractor de 60 - 70 CV, al que se le acopla una grapa especial de los dientes con 2 uñas cada uno (cuatro dientes en total) y que se mueve entre los árboles que quedan en pie.</li> <li>Empacado de los restos recogidos y transporte de las pacas a la planta de bioenergía, donde tiene lugar el triturado del material y el cribado que separará la parte seca de la verde (astilla de acículas). Posteriormente, los productos obtenidos se emplearán bien en plantas de producción de energía, bien para la fabricación de compost.</li> </ul>	
<b>Maquinaria</b>	Tractor de 60 - 70 CV	
	Empacadora Forestpack, modelo TEC 1	
	Camiones de transporte	



### 3.1.2 Provincia de Albacete



#### **Escenario 6: Monte AB-1054**

**Superficie de trabajo:** 12,78 ha  
**T.M.:** Nerpio

**Tipo de rodal:** Latizal alto de *Pinus nigra*.  
**Especie:** *Pinus nigra*  
**Estructura:** Regular  
**FCC:** 90 %  
**Índice de espesura:** Completa  
**Densidad:** 994 pies/ha  
**Rango de diámetros:** 13 - 20 cm.

#### **PRESENCIA DE MATORRAL**

**Coscoja**  
**(*Quercus coccifera*)**  
**Cobertura:** < 5 %  
**Altura media:** 0,3 m.

**Aliaga**  
**(*Ulex sp*)**  
**Cobertura:** < 5 %  
**Altura media:** 0,8 m.

#### **FISIOGRAFÍA**

**Altitud media:** 1.650 m.  
**Pendiente:** Terreno llano  
**Pedregosidad:** Muy pedregoso

#### **PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS**

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene acceso</li> <li>• Infraestructura suficiente para realizar el</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pistas no asfaltadas</li> <li>• Movilidad buena</li> </ul> |
|---|---|

desembosque		• Transitabilidad buena
<b>TRABAJO REALIZADO Y MAQUINARIA EMPLEADA</b>		
<b>Trabajo realizado</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acopio en cargadero accesible a los camiones de los restos de corta existentes en el monte mediante un tractor de ruedas con el apero adecuado.</li><li>• Troceado de la madera en la medida para su entrada en el camión.</li><li>• Transporte a la planta de bioenergía, donde se valoró su empleo, bien en la fabricación de tablero, bien en la producción de energía.</li></ul>	
<b>Maquinaria</b>	Tractor de ruedas adaptado	
	Camiones de transporte	



### 3.1.3 Provincia de Toledo

La superficie total del escenario 7 se ha dividido en dos zonas (A y B) cuyas características y trabajos realizados son distintos. A su vez, en la zona A se han diferenciado los márgenes del camino y el interior del monte, en el que se produce el encharcamiento del suelo.

*Zona A:* Comprende una superficie de 39,73 ha. Terreno llano.

*Zona B:* Comprende una superficie de 4,18 ha. Pendiente del 2 %.

Cabe destacar la excesiva complicación de los trabajos en la zona A, por la presencia de numerosos tocones de 0,5 - 1,5 m. de altura y el encharcamiento del suelo por las abundantes lluvias.



#### **Escenario 7: Monte Elenco 3049**

**Superficie de trabajo:** 43,91 ha  
**T.M.:** Los Navalucillos

**Tipo de rodal:** Latizal alto de *Pinus pinaster* de entre 30 y 35 años de edad.

**Especie:** *Pinus pinaster*

**Estructura:** Regular

**FCC:** < 85 %

<b>Índice de espesura:</b> Incompleta <b>Densidad:</b> 889 pies/ha <b>Rango de diámetros:</b> 20 - 25 cm. <b>Rango de pesos:</b> 30 - 90 kg/pie				
<b>PRESENCIA DE MATORRAL</b>			<b>FISIOGRAFÍA</b>	
Sotobosque inexistente			<b>Altitud media:</b> 770 m <b>Pendiente:</b> Zona A: Terreno llano Zona B: Escasa (2 %) <b>Pedregosidad:</b> Escasa	
<b>PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS</b>				
<ul style="list-style-type: none"><li>Infraestructura suficiente para realizar el desembosque</li><li>Movilidad difícil por encharcamiento en época de lluvias</li></ul>			<ul style="list-style-type: none"><li>Tiene acceso</li><li>Pistas no asfaltadas</li><li>Transitabilidad buena</li></ul>	
<b>TRABAJO REALIZADO Y MAQUINARIA EMPLEADA</b>				
<b>Trabajo realizado</b>	Zona A	Astillado	15,68 ha	Márgenes del camino: <ul style="list-style-type: none"><li>Recogida de los residuos del monte mediante un tractor adaptado, ayudado por un peón forestal para aquellas ramas que se escapaban por los laterales del tractor.</li><li>Arrastre de los residuos hasta el borde del camino y amontonamiento para su posterior astillado.</li></ul> Interior del monte y suelo encharcado: <ul style="list-style-type: none"><li>Amontonamiento en el interior del monte con el tractor adaptado, ayudado por el peón forestal, como consecuencia de que el tractor no pudiera arrastrar los residuos hasta el borde del camino.</li><li>Carga de los residuos sobre el autocargador en su propio remolque y transporte hasta el borde del camino.</li><li>Transporte en camiones de los residuos, una vez astillados, a la planta de bioenergía.</li></ul>
		Empacado	24,05 ha	Empacado de los residuos tras su recogida, bien con el tractor adaptado, o bien con el autocargador.
	Zona B			<ul style="list-style-type: none"><li>Acopio en pista los restos de cortas mediante un autocargador.</li><li>Astillado de los residuos y transporte en camiones a planta de bioenergía.</li></ul>
	<b>Maquinaria</b>		Tractor de de orugas adaptado (Zona A) Autocargador Forestal Timberjack, modelo 1210 B (Zona B) Astilladora JENZ HEM 561 Z remolcada por tractor de ruedas con grúa Empacadora Forestpack, modelo TEC 1	

Camiones de transporte

3.1.4 Provincia de  
Guadalajara



### Escenario 8: Monte GU-142

**Superficie de trabajo:** 9,00 ha

**T.M.:** Hombrados

**Tipo de rodal:** Pinar de *P. pinaster* con algo de *P. sylvestris* y *Quercus faginea*. Latizal bajo.

**Especies:** *P. pinaster* / *Q. faginea*

**Estructura:** Irregular

**FCC:** < 85 %

**Índice de espesura:** Incompleta

**Densidad:**

*P. pinaster*: 389 pies/ha

*Q. faginea*: 47 pies/ha

**Rango de diámetros:** 7 - 12 cm.

#### PRESENCIA DE MATORRAL

**Estepa (*Cistus laurifolius*)**

**Cobertura:** 75 %

**Altura media:** 1,2 m.

#### FISIOGRAFÍA

**Altitud media:** 1.250 m.

**Pdte:** Del 12% (moderada) al 24% (acusada), según subzonas

**Pedregosidad:** Escasa

#### PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS

- Tiene acceso
- Infraestructura suficiente para realizar el desembosque

- Pistas no asfaltadas
- Movilidad regular

		• Transitabilidad regular
<b>TRABAJO REALIZADO Y MAQUINARIA EMPLEADA</b>		
<b>Trabajo realizado</b>	<i>Subzona 1</i>	Abarca 8 terrazas, paralelas a un camino, subiendo 44 m. respecto a él. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apeo de los pies de una terraza a hecho (la 5ª), desde la cual el autocargador, con la pluma, alcanza al resto de las terrazas.</li> </ul>
	<i>Subzona 2</i>	Abarca 10 terrazas paralelas al camino (bajando 50 m. aproximadamente con respecto a él). <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corta a hecho de los pies de 2 terrazas (5ª y 9ª).</li> <li>• Apilado a mano y recogida, mediante autocargador con grapa, de los pies enteros para realizar la saca a pista.</li> </ul>
	<i>Subzona 3</i>	La pendiente es mucho menor que en las anteriores y las terrazas son perpendiculares al camino. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apeo del arbolado de una sola terraza.</li> <li>• Apilado a mano y saca con autocargador.</li> </ul>
	<i>Subzona 4</i>	Igual que en la subzona anterior, la pendiente es mucho menor y las terrazas son perpendiculares al camino <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apeo del arbolado de una terraza.</li> <li>• En un principio, no se apiló la madera, con lo que los rendimientos iniciales son muchos menores que los posteriores.</li> <li>• Saca de la madera acordonando a mano en primer lugar y empujando posteriormente los cordones hasta la pista con un tractor de cadenas adaptado para estas labores.</li> </ul>
	La madera sacada de las zonas anteriormente descritas ha sido astillada en el camino. Posteriormente, la astilla generada ha sido transportada en camiones a varias plantas bioenergéticas para el estudio de sus características.	
<b>Maquinaria</b>	Motosierra	
	Desbrozadora	
	Tractor de cadenas adaptado	
	Autocargador Forestal Timberjack, modelo 1210 B	
	Astilladora JENZ HEM 561 Z remolcada por tractor de ruedas con grúa	
	Camiones de transporte	



**Foto nº 4.- Saca de la biomasa forestal**





## **Escenario 9: Monte GU-142**

**Superficie de trabajo:** 10,50 ha

**T.M.:** Hombrados - El Pobo

**Tipo de rodal:** Pinar de *P. pinaster* con algo de *P. sylvestris* y *Quercus faginea*. Latizal bajo.

**Especies:** *P. pinaster* / *Q. faginea*

**Estructura:** Irregular

**FCC:** 90 %

**Índice de espesura:** Completa

**Densidad:**

*P. pinaster*: 90 pies/ha

*Q. faginea*: 1.041 pies/ha

**Rango de diámetros:**

*P. pinaster*: 5 - 9 cm.

*Q. faginea*: 2,5 - 6 cm.

PRESENCIA DE MATORRAL		FISIOGRAFÍA
<b>Estepa</b> <b>(<i>Cistus laurifolius</i>)</b> <b>Cobertura:</b> 75% <b>Altura media:</b> 1,2 m.	<b>Gayuba</b> <b>(<i>Arctotaphylos uva-ursi</i>)</b> <b>Cobertura:</b> < 5 % <b>Altura media:</b> 0,3 m.	<b>Altitud media:</b> 1.250 m <b>Pendiente:</b> Subzona 5: Moderada (13 %) Subzona 6: Moderada (13 %)

<b>Enebro de miera</b> <i>(Juniperus oxycedrus)</i> <b>Cobertura:</b> < 5 % <b>Altura media:</b> 1,2 m.	<b>Aliaga</b> <i>(Ulex sp)</i> <b>Cobertura:</b> 10 % <b>Altura media:</b> 1,2 m.	<b>Pedregosidad:</b> Escasa
<b>PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene acceso</li> <li>• Infraestructura suficiente para realizar el desembosque</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pistas no asfaltadas</li> <li>• Movilidad buena</li> <li>• Transitabilidad buena</li> </ul>
<b>TRABAJO REALIZADO Y MAQUINARIA EMPLEADA</b>		
<b>Trabajo realizado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apeo de los pies con motosierra.</li> <li>• Agrupado manual de restos en cordones para su posterior recogida con el tractor de cadenas y su astillado.</li> </ul>	
<b>Maquinaria</b>	Motosierra	
	Desbrozadora	
	Horca	
	Tractor de cadenas adaptado	
	Camiones de transporte	



## Escenario 10: Monte GU-205

**Superficie de trabajo:** 9,00 ha  
**T.M.:** Torrecuadrada de Molina

**Tipo de rodal:** Monte bajo de encina sometido a cortas para leña desde hace mucho tiempo.

**Especie:** *Quercus ilex*

**Estructura:** Irregular

**FCC:** < 85 %

**Índice de espesura:** Incompleta

**Densidad:** 3.127 pies/ha

**Rango de diámetros:** 7 - 11 cm.

### PRESENCIA DE MATORRAL

**Gayuba**  
(*Arctotaphylos*  
*uva-ursi*)  
**Cobertura:** < 5 %  
**Altura media:** 0,3 m

**Majuelo**  
(*Crataegus*  
*monogyna*)  
**Cobertura:** < 1 %  
**Altura media:** 1,2 m.

**Aliaga**  
(*Ulex sp*)  
**Cobertura:** < 1 %  
**Altura media:** 0,5 m.

### FISIOGRAFÍA

**Altitud media:** 1.270 m  
**Pendiente:** 0 %  
**Pedregosidad:** Escasa

### PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS

- Tiene acceso
- Infraestructura suficiente para realizar el desembosque

- Pistas no asfaltadas
- Movilidad buena
- Transitabilidad buena

### TRABAJO REALIZADO Y MAQUINARIA EMPLEADA



<b>Trabajo realizado</b>	Apeo, poda y apilado manual.
<b>Maquinaria</b>	Motosierra

### 3.1.5 Provincia de Ciudad Real



#### **Escenario 11: Monte Nº62**

**Superficie de trabajo:** 3,8 ha  
**T.M.:** Puebla de Don Rodrigo

**Tipo de rodal:** Monte bajo de *Quercus ilex*.  
**Especie:** *Quercus ilex*  
**Estructura:** Irregular  
**FCC:** 50 %  
**Índice de espesura:** Incompleta  
**Densidad:** 12.670 pies/ha  
**Rango de diámetros:** 4 - 7 cm.

#### **PRESENCIA DE MATORRAL**

**Labiérnago (*Phillyrea angustifolia*)**  
**Cobertura:** 5 %  
**Altura media:** 1,3 m.

#### **FISIOGRAFÍA**

**Altitud media:** 620 m.  
**Pendiente:** Moderada (5 %)  
**Pedregosidad:** Escasa

#### **PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS**

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene acceso</li><li>• Pistas no asfaltadas</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Infraestructura suficiente para realizar el desembosque</li><li>• Movilidad buena</li><li>• Transitabilidad buena</li></ul> |
|---|---|

TRABAJO REALIZADO Y MAQUINARIA EMPLEADA	
<b>Trabajo realizado</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resalveo y apilado manual de los residuos formando cordones.</li><li>• Posteriormente, astillado de los residuos.</li></ul>
<b>Maquinaria</b>	Motosierra
	Astilladora Pezzolato PTH 900/660 M, montada sobre camión, con grúa forestal para autoalimentación
	Camiones de transporte



## Escenario 12: Monte Nº55

**Superficie de trabajo:** 8,18 ha  
**T.M.:** Saceruela

**Tipo de rodal:** Latizal alto de *Pinus pinea*.

**Especie:** *Pinus pinea*

**Estructura:** Regular

**FCC:** 95 %

**Índice de espesura:** Completa

**Densidad:** 810 pies/ha

**Rango de diámetros:**

12,5 - 22,5 cm.

### PRESENCIA DE MATORRAL

**Mirto**  
**(*Myrtus communis*)**

**Cobertura:** 5 %

**Altura media:** 1,1 m.

**Labiérnago**  
**(*Phillyrea angustifolia*)**

**Cobertura:** 5 %

**Altura media:** 1,3 m.

### FISIOGRAFÍA

**Altitud media:** 490 m.

**Pendiente:** Terreno llano

**Pedregosidad:** Escasa

### PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS

- Tiene acceso
- Pistas no asfaltadas

- Infraestructura suficiente para realizar el desembosque
- Movilidad buena
- Transitabilidad buena

TRABAJO REALIZADO Y MAQUINARIA EMPLEADA	
Trabajo realizado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Apeo de pies mediante motosierra.</li><li>• Apilado manual, formando cordones.</li><li>• Astillado de los residuos.</li></ul>
Maquinaria	Motosierra
	Astilladora Pezzolato PTH 900/660 M, montada sobre camión, con grúa forestal para autoalimentación.
	Camiones de transporte

### 3.2 INVENTARIO DE LA MASA FORESTAL

Para alcanzar los objetivos, en cada uno de los escenarios elegidos se han situado parcelas con las siguientes características, en función del tipo de masa:

a. Repoblación por líneas.

Se han elegido dos líneas con 15 pies cada una. Para calcular la superficie de la parcela, se ha medido la longitud de las dos líneas y la anchura entre ellas.

b. Masas naturalizadas.

En este caso, se han realizado parcelas circulares de 9,8 ó 13 metros de radio, en función de la densidad de la masa, con el condicionante de que éstas incluyeran un mínimo de 30 árboles.

Las acciones realizadas en cada parcela fueron:

➤ Inventario dendrométrico antes y después del aprovechamiento o corta efectuado:

- Si los pies ya habían sido cortados, medición del diámetro del tocón.
- En árboles en pie, medición del diámetro normal y diámetro del tocón.

Asimismo, en uno de cada cinco árboles se han tomado datos de altura y diámetro de copa ( $dc_1$  y  $dc_2$ , siendo  $dc_1$  perpendicular a  $dc_2$ ).

De cada parcela, por tanto, se tendrán dos tipos de datos:

- Antes del aprovechamiento.
  - Diámetros normales de todos los árboles existentes en la parcela antes de su corta, obtenidos mediante una regresión diámetro del tocón-diámetro normal.

- Altura y superficie de copas de todos los pies, obtenida mediante una regresión diámetro del tocón-altura y diámetro del tocón-superficie de copas.
- Después del aprovechamiento.
  - Relación existente entre los árboles en pie y los cortados.
- Inventario y cuantificación de la biomasa teórica del matorral bajo arbolado obtenida tras el aprovechamiento, determinándose:
  - Identificación del matorral arbolado y estimación de la carga de biomasa por unidad de superficie potencialmente aprovechable.
  - Medición en kilogramos del matorral en verde/metro cúbico aparente.
  - Obtención de la carga media de masa por unidad superficie o densidad de matorral para cada especie, en  $\text{kg/m}^2$ , mediante alturas de matorral que figuran en el “Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3)”.
  - Obtención de la cantidad de biomasa existente por hectárea mediante la determinación de la fracción de cabida cubierta (FCC).



**Foto nº 5.- Formación de cordones de biomasa forestal**

## 4 RESULTADOS

### 4.1 BIOMASA REAL OBTENIDA A PIE DE CAMPO

La biomasa real extraída se ha determinado de la siguiente manera, en función del tratamiento de los residuos:

➤ Residuos astillados:

Pesaje de los contenedores de astillas.

➤ Residuos empacados:

Conteo del número de pacas resultantes, medición de las dimensiones de las pacas y pesaje de las mismas.

Por tanto, la biomasa real (en t/ha), por escenarios, es la siguiente:

**Tabla 4: Biomasa real obtenida a pie de campo**

Escenario	Especie	Biomasa obtenida a pie de campo(t/ha)	Tratamiento de los restos
1	<i>P. halepensis</i>	-	-
2	<i>P. halepensis</i>	16,710	Astillado
3	<i>Pinus nigra</i> var. <i>austriaca</i>	21,620	Astillado
4	<i>Pinus nigra</i> var. <i>salzmannii</i>	18,100	Astillado
5	<i>P. halepensis</i>	-	-
6	<i>Pinus nigra</i>	-	-
7	<i>Pinus pinaster</i>	15,600	Astillado Empacado
8	<i>Pinus pinaster</i> <i>Quercus faginea</i> <i>Cistus laurifolius</i>	40,320	Astillado
9	<i>Pinus pinaster</i> <i>Quercus faginea</i> <i>Cistus laurifolius</i>	40,320	Astillado
10	<i>Quercus ilex</i>	-	
11	<i>Quercus ilex</i>	20,639	Astillado
12	<i>Pinus pinea</i>	30,725	Astillado



## 4.2 ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA TEÓRICA ARBÓREA

La estimación de la biomasa arbórea es importante para conocer la estructura, el funcionamiento y la dinámica de los sistemas forestales.

Para la evaluación de la biomasa de una manera teórica en este estudio se han empleado tablas de producción de biomasa (kg. de materia seca) y valores modulares según las distintas fracciones establecidas (*Producción de biomasa y fijación de CO<sub>2</sub> por los bosques españoles*. Monografías INIA: serie forestal, nº 13. MEC. Madrid. Montero, G.; Ruiz-Peinado, R.; Muñoz, M. 2005). En estas tablas, para cada una de las especies forestales principales, se presenta una estimación de la biomasa total aérea y la radical, así como de la cantidad de CO<sub>2</sub> fijada en las diferentes fracciones.

La estimación de la biomasa forestal (Montero, G.; Ruiz-Peinado, R.; Muñoz, M. 2005) se llevó a cabo a partir de un muestreo de varios árboles de diferentes diámetros. Dicha estimación, para cada especie, incluye árboles pertenecientes a una masa de densidad media y con una calidad de estación característica de esa especie. Por tanto, para cada especie y por clase diamétrica (desde la clase 10 hasta la 70, con una amplitud de 5 cm.), se obtiene su biomasa correspondiente (BF, BR<sub>7</sub>, BR<sub>2-7</sub>, BR<sub>2</sub>, BH, BA) y la aérea total del árbol (BT), siendo:

- BF: Biomasa del fuste.
- BR<sub>7</sub>: Biomasa de las ramas de diámetro mayor de 7 cm.
- BR<sub>2-7</sub>: Biomasa de las ramas de diámetro entre 2 y 7 cm.
- BR<sub>2</sub>: Biomasa de las ramas de diámetro menor de 2 cm.
- BH: Biomasa de las hojas.
- BA: Biomasa de las acículas.

A la hora de estimar la biomasa extraída, es importante considerar la humedad de la madera. Ésta se debe al agua denominada libre y al

agua de impregnación o inhibición, y puede expresarse tanto en peso seco ( $P_s$ ) como en húmedo ( $P_h$ ).

$$Hh = (P_h - P_s) / P_h$$

$$Hs = (P_h - P_s) / P_s$$

El contenido en humedad de la biomasa es muy variable, siendo en los residuos recién cortados el 50 % sobre base húmeda, pero disminuye si se almacenan a la intemperie, procurando así el secado natural.

A continuación se exponen uno a uno, por provincias, los escenarios sobre los que se han realizado las distintas actuaciones comentadas anteriormente y los resultados teóricos, tanto en peso seco como en peso húmedo, obtenidos tras las mismas. El contenido de humedad en cada caso será el indicado inicialmente.



**Foto nº 6.- Manipulación de la biomasa forestal**

#### 4.3 CÁLCULO DE LA BIOMASA PROCEDENTE DE LA FRACCIÓN DE MATORRAL BAJO ARBOLADO

Una vez calculada la biomasa arbórea extraída, es necesario calcular la biomasa por hectárea aportada por el matorral presente.

En primer lugar, se procede al apeo y pesaje del matorral y se anota su altura media. Así, se obtiene el valor de la densidad aparente (en  $\text{kg} / \text{m}^3$  aparente). Multiplicando dicha densidad por la altura media proporcionada por el Inventario Forestal Nacional para dicha especie en la provincia en cuestión, se obtiene la densidad superficial (en  $\text{kg} / \text{m}^2$ ).

Finalmente, teniendo en cuenta la presencia del matorral en la zona ( $\text{m}^2$  por hectárea), se llega al cálculo de la biomasa procedente del matorral en  $\text{kg/ha}$ .

#### 4.4 BIOMASA TEÓRICA Y RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA OBTENIDOS A PIE DE CAMPO

A continuación, por provincias y escenarios de trabajo, se detallan los siguientes datos:

- Biomasa teórica, calculada a partir de los datos obtenidos tras los inventarios dendrométricos llevados a cabo y con la metodología expuesta anteriormente.
- Rendimientos de maquinaria obtenidos a pie de campo, así como sus costes.

##### 4.4.1 Provincia de Cuenca

##### **Escenario 1: Embalse de Buendía**

En este escenario, los trabajos realizados fueron únicamente pruebas de maquinaria, para la familiarización del maquinista con la



Clase Diam.	MUESTREO (Nº pies)			Pies / ha		
	Inicial	Final	Extraído	Inicial	Final	Extraído
5	42	12	30	183	52	130
10	170	87	83	739	378	361
15	44	31	13	191	135	57
20	1	1	0	4	4	0
Total	257	131	126	1.117	570	548

2. Cuadro de peso teórico de biomasa extraída (en toneladas por hectárea), según fracciones.

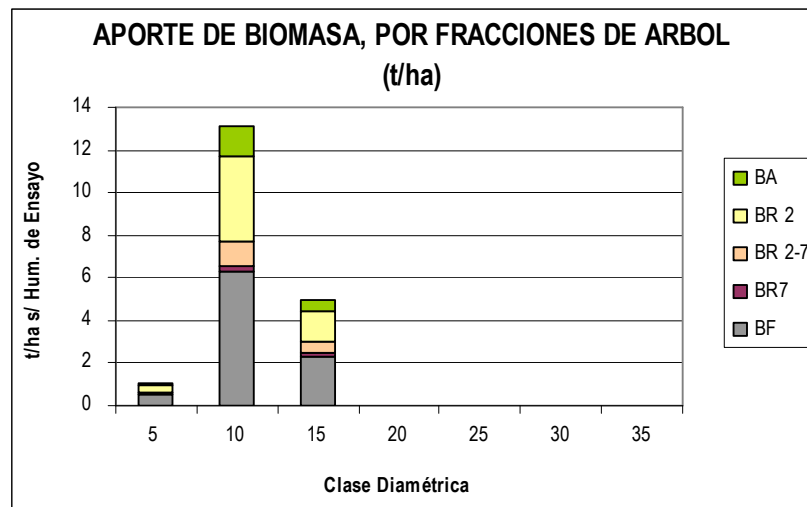
Una vez obtenido el número de pies extraídos por clase diamétrica y aplicando los valores modulares para la estimación de la biomasa (Montero, G.; Ruiz-Peinado, R.; Muñoz, M. 2005) en *Pinus halepensis*, se tiene:

PESO TEÓRICO DE BIOMASA EXTRAÍDA, EXPRESADO EN TONELADAS POR HECTÁREA, SEGÚN FRACCIONES												
Clase Diam.	REFERIDO A MATERIA TOTALMENTE SECA						REFERIDO A LA HUMEDAD DEL ENSAYO					
	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea
5	0,336	0,005	0,054	0,228	0,078	0,701	0,517	0,007	0,083	0,351	0,119	1,078
10	4,086	0,161	0,752	2,593	0,958	8,551	6,287	0,248	1,157	3,989	1,474	13,155
15	1,522	0,109	0,304	0,928	0,360	3,222	2,341	0,168	0,467	1,427	0,554	4,957
Total t / ha	5,944	0,275	1,109	3,749	1,396	12,473	9,145	0,423	1,707	5,768	2,147	19,190
Total Ensayo	101,347	4,686	18,915	63,924	23,799	212,671	155,919	7,209	29,100	98,345	36,614	327,187

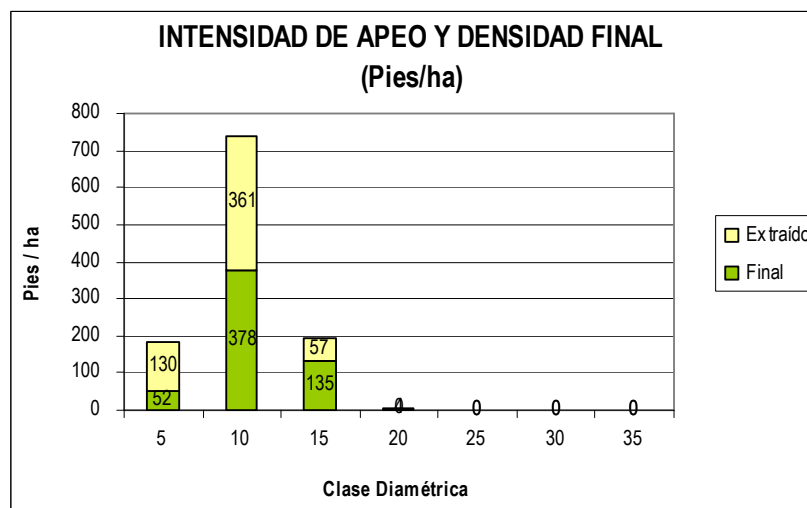
3. Biomasa extraída (kg/pie, t/ha y toneladas totales) por clase diamétrica:

Clase Diam.	REPARTO DE BIOMASA EXTRAÍDA		
	Por Pie (Kg)	Por ha (t)	Ensayo (t)
5	8,29	1,078	18,375
10	36,44	13,155	224,289
15	86,97	4,957	84,522
Total	35,02	19,190	327,187

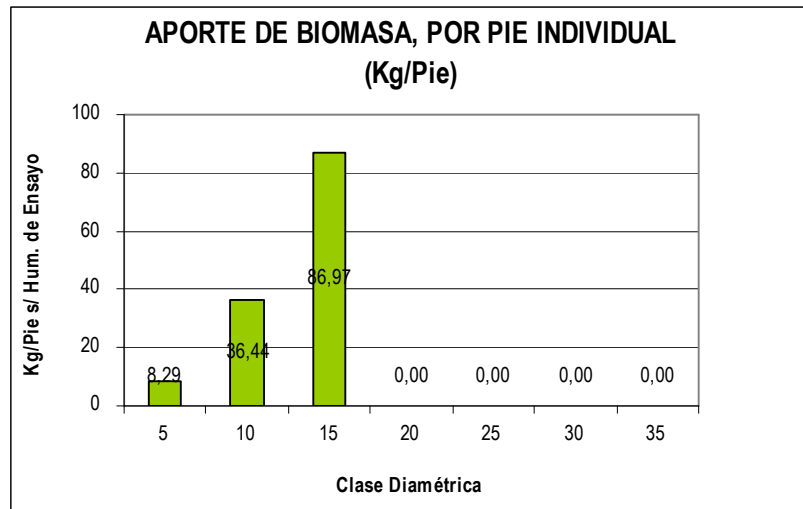
- Aporte de biomasa por fracciones de árbol (t/ha):



- Intensidad de apeo y densidad final (pies/ha):



- Aporte de biomasa de cada pie (Kg/pie):

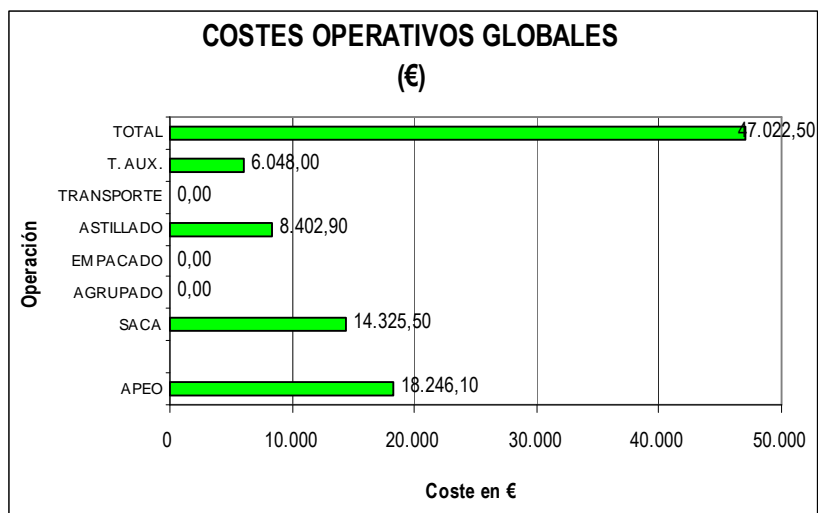


#### 4. Maquinaria:

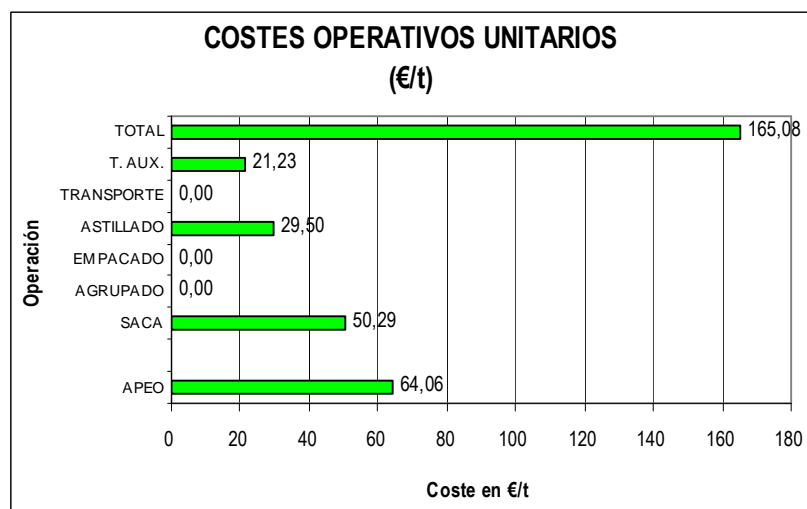
	ESCENARIO 2: RESULTADOS DE CAMPO								
ACTIVIDAD	APEO		SACA	AGRUP.	EMPAC.	ASTILL.	TRANSPORTE	T. AUX.	TOTAL
MAQUINARIA	TJ 870 B	TJ 1270	TJ 1010	TRACTOR	FORESTP.	JENZ HEM 561	TRACTORES	OPERARIO	
Total Horas Trabajadas	118,33	96,33	204,65			76,39		336,00	
	214,66								
Horas / ha	12,59		12,00			4,48		19,71	
Pies / hora	43,52								
t / hora	1,33		1,39			3,73		0,85	

Coste Horario (€)	85,00	70,00	45,00	150,00	110,00	45,00	18,00	
Coste Total (€)	18.246,10	14.325,50			8.402,90		6.048,00	47.022,50
Coste Unitario (€/t)	64,06	50,29			29,50		21,23	165,08

➤ Costes operativos globales (€):



➤ Costes operativos unitarios (€/t):







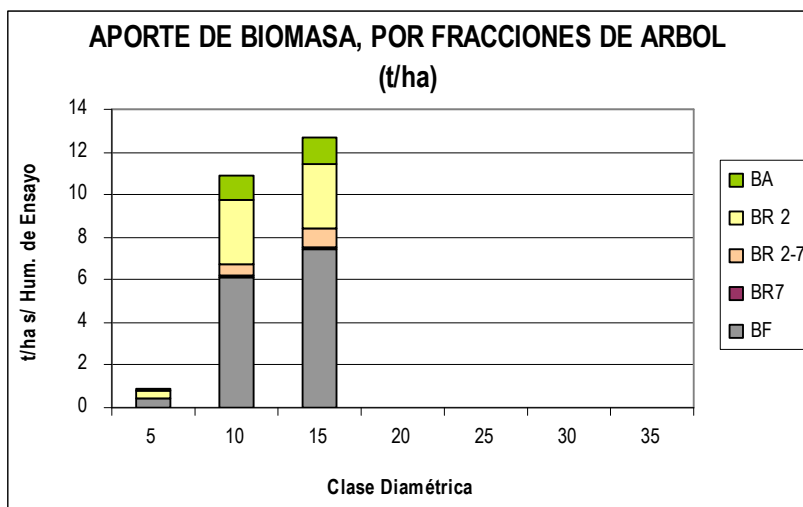
2. Cuadro de peso teórico de biomasa extraída (en toneladas por hectárea), según fracciones.

Clase Diam.	PESO TEÓRICO DE BIOMASA EXTRAÍDA, EXPRESADO EN TONELADAS POR HECTÁREA, SEGÚN FRACCIONES											
	REFERIDO A MATERIA TOTALMENTE SECA						REFERIDO A LA HUMEDAD DEL ENSAYO					
	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea
5	0,294	0,000	0,020	0,195	0,072	0,581	0,452	0,001	0,031	0,299	0,110	0,894
10	3,995	0,020	0,372	1,933	0,770	7,091	6,147	0,030	0,573	2,974	1,185	10,909
15	4,856	0,057	0,538	1,956	0,816	8,224	7,471	0,088	0,828	3,010	1,255	12,652
Total t / ha	9,146	0,077	0,931	4,084	1,658	15,896	14,070	0,119	1,432	6,283	2,550	24,455
Total Ensayo	116,517	0,984	11,857	52,032	21,121	202,510	179,257	1,514	18,242	80,050	32,493	311,555

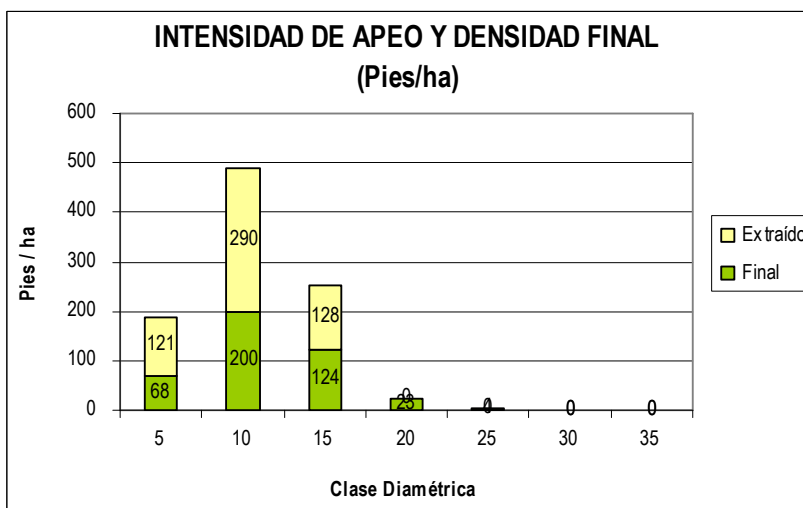
3. Biomasa extraída (kg/pie, t/ha y toneladas totales) por clase diamétrica::

Clase Diam.	REPARTO DE BIOMASA EXTRAIDA		
	Por Pie (Kg)	Por ha (t)	Ensayo (t)
5	7,39	0,894	11,389
10	37,62	10,909	138,976
15	98,85	12,652	161,190
Total	45,37	24,455	311,555

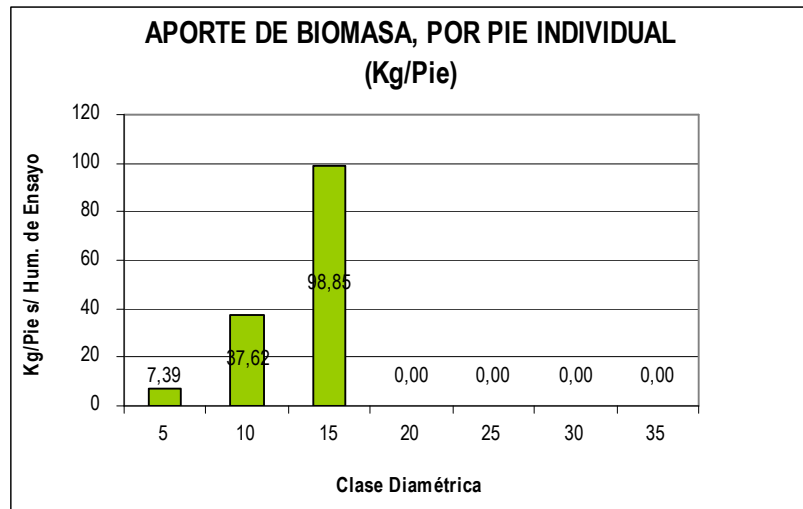
- Aporte de biomasa por fracciones de árbol (t/ha):



- Intensidad de apeo y densidad final (pies/ha):



- Aporte de biomasa de cada pie (Kg/pie):



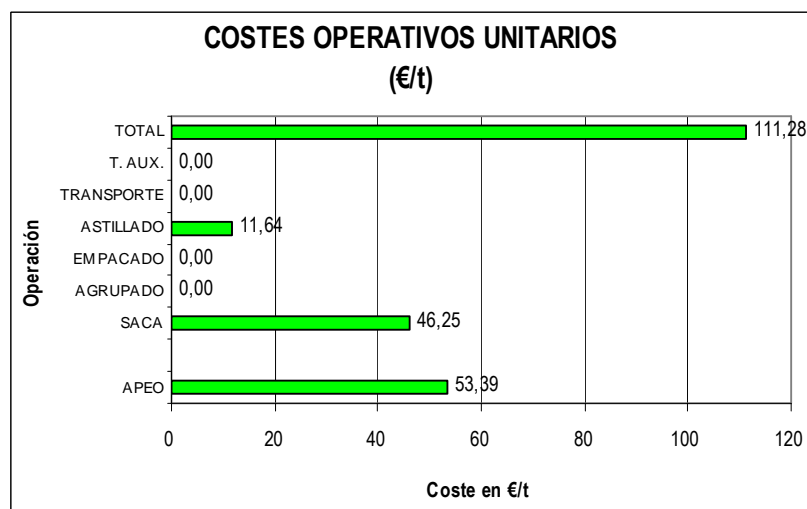
#### 4. Maquinaria:

		ESCENARIO 3: RESULTADOS DE CAMPO							
ACTIVIDAD	APEO		SACA	AGRUP.	EMPAC.	ASTILL.	TRANSPORTE	T. AUX.	TOTAL
MAQUINARIA	TJ 870 B	TJ 1270	TJ 1010	TRACTOR	FORESTP.	JENZ HEM 561	TRACTORES	OPERARIO	
Total Horas Trabajadas		173,00	182,00			29,15			
		173,00							
Horas / ha	13,58		14,29			2,29			
Pies / hora	39,69								
t / hora	1,59		1,51			9,45			
Coste Horario (€)	85,00		70,00	45,00	150,00	110,00	45,00	18,00	
Coste Total (€)	14.705,00		12.740,00			3.206,50			30.651,50
Coste Unitario (€/t)	53,39		46,25			11,64			111,28

➤ Costes operativos globales (€):



➤ Costes operativos unitarios (€/t):



## Escenario 4: Monte CU-128

**Especie:** *Pinus nigra subsp. salzmani*  
**Superficie Ejecutada:** 20,00 ha  
**Muestreada:** 0,37 ha  
**Total Biomasa Extraída:** 361,96 t  
 6.880,00 Pies  
**Densidad de Extracción:** 18,10 t / ha  
 344,00 Pies/ha  
**Humedad de Ensayo:** 35% s/ Peso Húmedo  
**Merma de Extracción:** 7,3% s/ Extraído

1. Cuadro de muestreo: Tras el muestreo a pie de campo, se tiene el número de pies iniciales, extraídos y finales (tras la corta). Asimismo, teniendo en cuenta los pies obtenidos tras el muestreo y la superficie muestreada, se tienen dichos datos por hectárea:

Clase Diam.	MUESTREO (Nº pies)			Pies / ha		
	Inicial	Final	Extraído	Inicial	Final	Extraído
5	5	1	4	13	3	11
10	23	5	18	62	13	48
15	87	35	52	234	94	140
20	116	70	46	312	188	124
25	23	17	6	62	46	16
30	6	4	2	16	11	5
Total	260	132	128	700	355	344

2. Cuadro de peso teórico de biomasa extraída (en toneladas por hectárea), según fracciones.

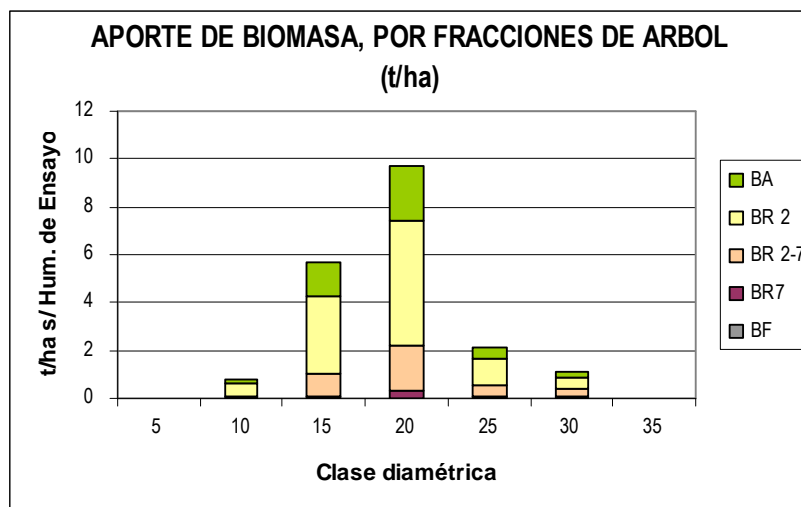
En este escenario no se ha considerado la biomasa aportada por los fustes ya que los fustes no han sido astillados, sólo las ramas y ramillas.

PESO TEÓRICO DE BIOMASA EXTRAÍDA, EXPRESADO EN TONELADAS POR HECTÁREA, SEGÚN FRACCIONES										
Clase Diam.	REFERIDO A MATERIA TOTALMENTE SECA					REFERIDO A LA HUMEDAD DEL ENSAYO				
	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea
5	0,000	0,002	0,017	0,006	0,026	0,000	0,003	0,027	0,010	0,039
10	0,003	0,062	0,323	0,129	0,517	0,005	0,096	0,497	0,198	0,795
15	0,062	0,588	2,137	0,891	3,679	0,096	0,904	3,288	1,371	5,660
20	0,209	1,206	3,405	1,467	6,288	0,322	1,856	5,239	2,257	9,674
25	0,077	0,302	0,701	0,310	1,390	0,118	0,465	1,079	0,477	2,138
30	0,059	0,172	0,339	0,153	0,724	0,092	0,264	0,522	0,235	1,113
<b>Total t / ha</b>	0,411	2,332	6,923	2,957	12,623	0,632	3,588	10,650	4,549	19,420
<b>Total Ensayo</b>	8,222	46,647	138,456	59,131	252,457	12,650	71,764	213,010	90,971	388,395

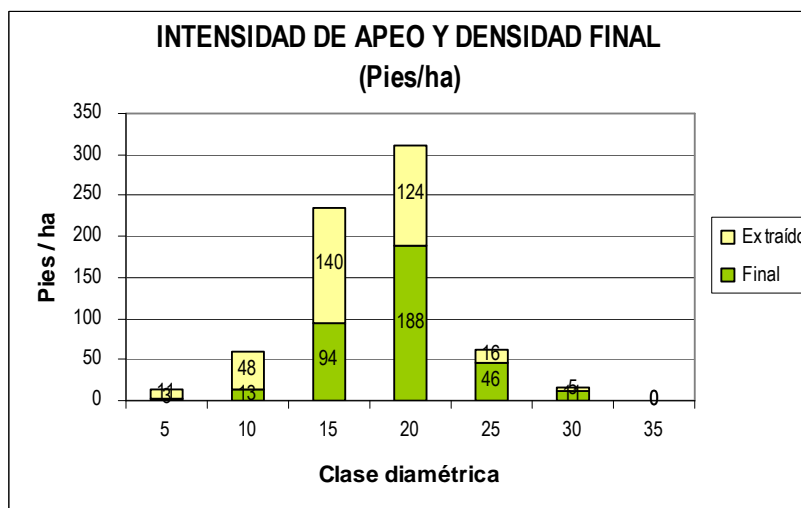
3. Biomasa extraída (kg/pie, t/ha y toneladas totales) por clase diamétrica::

Clase Diam.	REPARTO DE BIOMASA EXTRAÍDA		
	Por Pie (Kg)	Por ha (t)	Ensayo (t)
5	3,59	0,039	0,789
10	16,57	0,795	15,903
15	40,43	5,660	113,194
20	78,02	9,674	193,480
25	133,64	2,138	42,764
30	222,65	1,113	22,265
<b>Total</b>	56,45	19,420	388,395

- Aporte de biomasa por fracciones de árbol (t/ha):

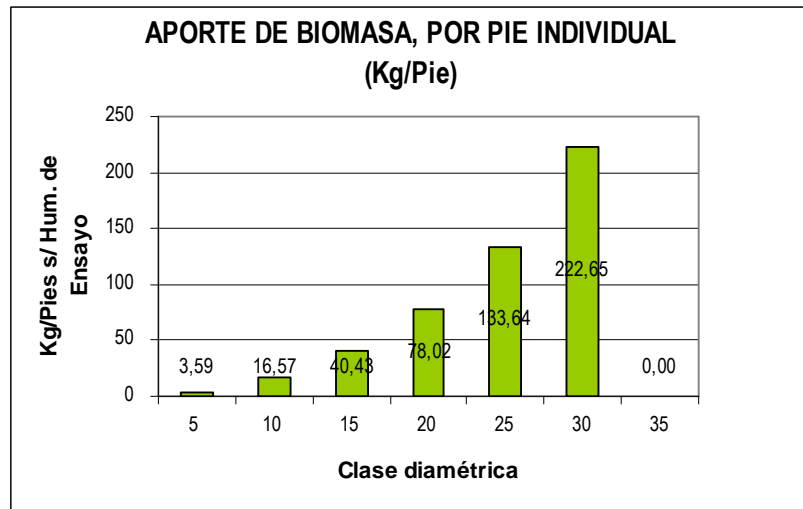


- Intensidad de apeo y densidad final (pies/ha):





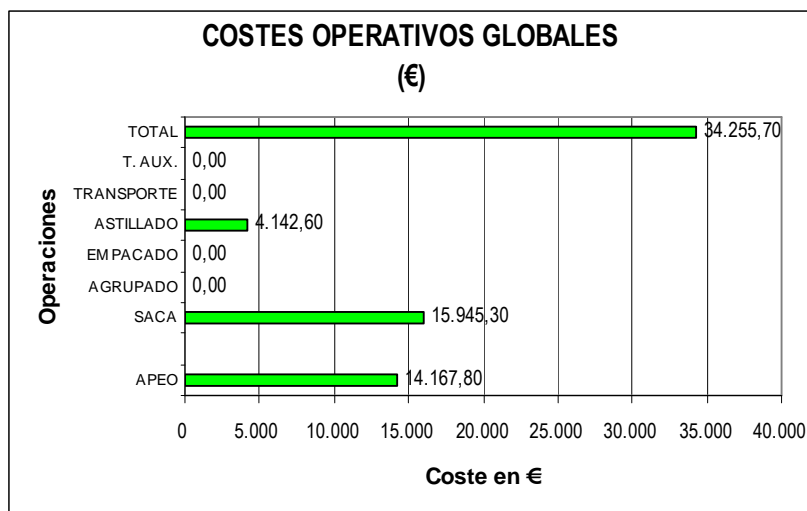
- Aporte de biomasa de cada pie (Kg/pie):



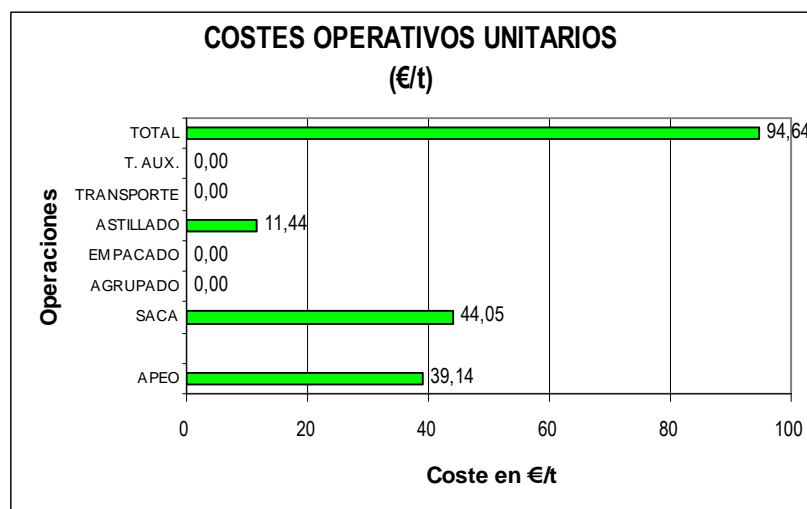
#### 4. Maquinaria:

ESCENARIO 4: RESULTADOS DE CAMPO									
ACTIVIDAD	APEO		SACA	AGRUP.	EMPAC.	ASTILL.	TRANSPORTE	T. AUX.	TOTAL
MAQUINARIA	TJ 870 B	TJ 1270	TJ 1010	TRACTOR	FORESTP	JENZ HEM 561	TRACTORES	OPERARIO	
Total Horas Trabajadas		166,68	227,79			37,66			
Horas / ha	8,33			11,39			1,88		
Pies / hora	41,28								
t / hora	2,17			1,59			9,61		
Coste Horario (€)	85,00		70,00	45,00	150,00	110,00	45,00	18,00	
Coste Total (€)	14.167,80		15.945,30			4.142,60			34.255,70
Coste Unitario (€/t)	39,14		44,05			11,44			94,64

➤ Costes operativos globales (€):



➤ Costes operativos unitarios (€/t):



## Escenario 5: Monte CU-3052

Como en el escenario 1, los trabajos realizados en este escenario tienen únicamente carácter informativo. En él, sobre 40 hectáreas, se ha trabajado recogiendo restos de intervenciones selvícolas y empacándolos.

Especie: *Pinus halepensis*  
 Superficie Ejecutada: 40,00 ha  
 Total Biomasa Extraída: 576,48 t  
 Densidad de Extracción: 14,40 t / ha

La biomasa extraída en esta ocasión se ha calculado teniendo en cuenta que tras los trabajos se obtuvieron 855 pacas.

Dimensiones de una paca: 1 (m) x 0,75 (m) x 1,55 (m) = 1,1625 m<sup>3</sup>

Densidad: 580 kg/m<sup>3</sup>

Biomasa extraída: 1,1625 m<sup>3</sup> · 580 kg/m<sup>3</sup> · 855 pacas = 576.483,75 kg = 576,48 t

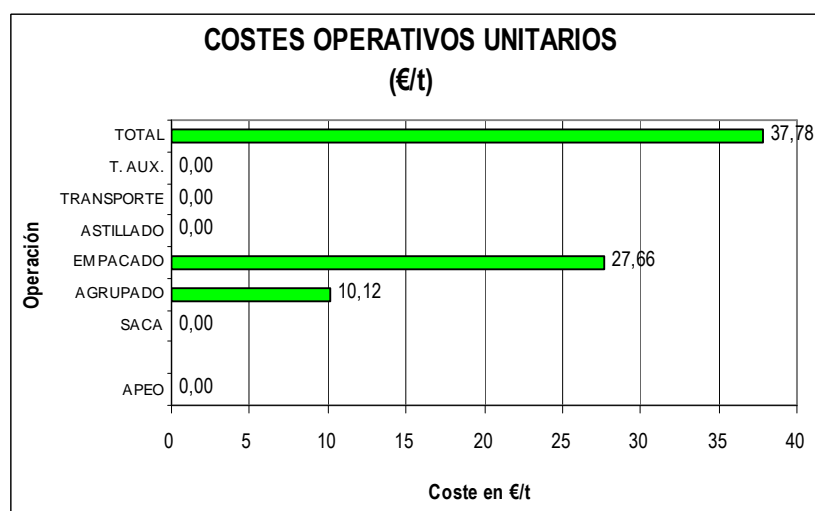
ESCENARIO 5: RESULTADOS DE CAMPO									
ACTIVIDAD	APEO		SACA	AGRUP.	EMPAC.	ASTILL.	TRANSPORTE	T. AUX.	TOTAL
MAQUINARI A	TJ 870 B	TJ 127 0	TJ 1010	TRACTOR	FORESTP.	JENZ HEM 561	TRACTORES	OPERARIO	
Total Horas Trabajadas				129,70	106,29				
Horas / ha				3,24	2,66				
t / hora				4,44	5,42				

Coste Horario (€)	85,00	70,00	45,00	150,00	110,00	45,00	18,00	
Coste Total (€)			5.836,50	15.943,50				21.780,00
Coste Unitario (€/t)			10,12	27,66				37,78

➤ Costes operativos globales (€):



➤ Costes operativos unitarios (€/t):



#### 4.4.2 Provincia de Albacete

### Escenario 6: Monte AB-1054

Los trabajos realizados en este escenario tienen carácter informativo. En él, sobre 12,78 hectáreas, se ha trabajado acopiando restos de cortas existentes en el monte, se ha troceado la madera en la medida en que interesaba al transportista, se ha cargado en camiones y llevado a planta.

Especie: *Pinus nigra*

Superficie Ejecutada: 12,78 ha

Total Biomasa Extraída: 103,32 t

Densidad de Extracción: 8,08 t / ha

ESCENARIO 6: RESULTADOS DE CAMPO									
ACTIVIDAD	APEO		SACA	AGRUP.	EMPAC.	ASTILL.	TRANSPORTE	T. AUX.	TOTAL
MAQUINARIA	TJ 870 B	TJ 127 0	TJ 1010	TRACTOR	FORESTP	JENZ HEM 561	TRACTORES	OPERARIO	
Total Horas Trabajadas				88,00					
Horas / ha				6,88					
Pies / hora									
t / hora				1,17					
Coste Horario (€)	85,00		70,00	45,00	150,00	110,00	45,00	18,00	
Coste Total (€)				3.960,00					3.960,00
Coste Unitario (€/t)				38,33					38,33

#### 4.4.3 Provincia de Toledo

## Escenario 7: Monte Elenco 3049

<b>Especie:</b>	<i>Pinus pinaster</i>		
<b>Superficie Ejecutada:</b>	43,91	ha	
<b>Muestreada:</b>	0,27	ha	
<b>Total Biomasa Extraída:</b>	685,04	t	
	25.863,00	Pies	
<b>Densidad de Extracción:</b>	15,60	t / ha	
	589,00	Pies/ha	
<b>Humedad de Ensayo:</b>	43,5%	s/ Peso Húmedo	
<b>Merma de Extracción:</b>	150,7%	s/ Extraído	

1. Cuadro de muestreo: Tras el muestreo a pie de campo, se tiene el número de pies iniciales, extraídos y finales (tras la corta). Asimismo, teniendo en cuenta los pies obtenidos tras el muestreo y la superficie muestreada, se tienen dichos datos por hectárea:

Clase Diam.	MUESTREO (Nº pies)			Pies / ha		
	Inicial	Final	Extraído	Inicial	Final	Extraído
5	1	0	1	4	0	4
10	11	1	10	42	4	38
15	46	9	37	174	34	140
20	74	31	43	279	117	162
25	73	27	46	275	102	174
30	24	9	15	91	34	57
35	6	2	4	23	8	15
40	1	1	0	4	4	0
Total	236	80	156	891	302	589

2. Cuadro de peso teórico de biomasa extraída (en toneladas por hectárea), según fracciones.

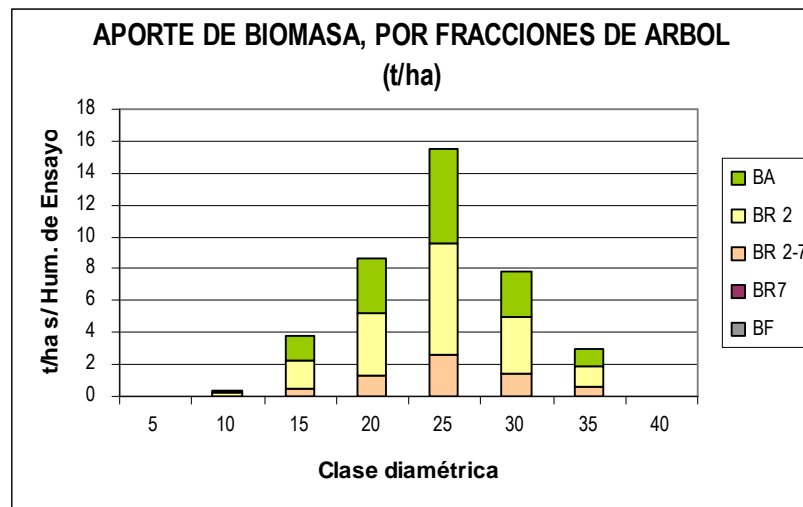
En este escenario, no se ha incluido la biomasa aportada por los fustes, por no ser éstos incluidos dentro de los trabajos realizados.

PESO TEÓRICO DE BIOMASA EXTRAÍDA, EXPRESADO EN TONELADAS POR HECTÁREA, SEGÚN FRACCIONES										
Clase Diam.	REFERIDO A MATERIA TOTALMENTE SECA					REFERIDO A LA HUMEDAD DEL ENSAYO				
	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea
5	0,000	0,000	0,002	0,002	0,005	0,000	0,001	0,003	0,004	0,008
10	0,000	0,028	0,098	0,100	0,226	0,000	0,049	0,173	0,177	0,400
15	0,001	0,299	0,950	0,890	2,140	0,001	0,530	1,682	1,574	3,787
20	0,005	0,743	2,191	1,924	4,862	0,009	1,315	3,877	3,405	8,606
25	0,024	1,433	3,986	3,331	8,773	0,042	2,535	7,054	5,896	15,528
30	0,025	0,756	2,006	1,610	4,397	0,045	1,338	3,550	2,850	7,783
35	0,019	0,303	0,772	0,599	1,692	0,033	0,536	1,366	1,060	2,995
40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total t / ha	0,073	3,562	10,004	8,456	22,095	0,130	6,304	17,707	14,966	39,107
Total Ensayo	3,227	156,391	439,288	371,293	970,200	5,712	276,798	777,501	657,157	1.717,168

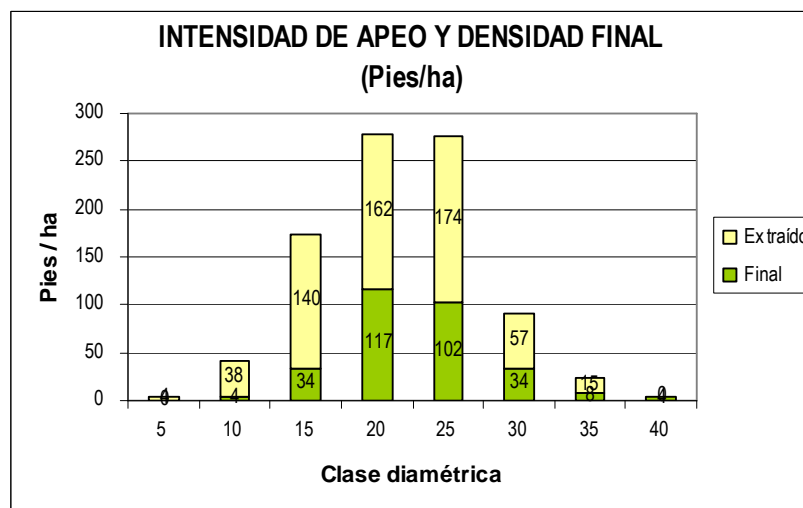
3. Biomasa extraída (kg/pie, t/ha y toneladas totales) por clase diamétrica:

Clase Diam.	REPARTO DE BIOMASA EXTRAÍDA		
	Por Pie (Kg)	Por ha (t)	Ensayo (t)
5	2,02	0,008	0,355
10	10,52	0,400	17,549
15	27,05	3,787	166,304
20	53,12	8,606	377,894
25	89,24	15,528	681,822
30	136,54	7,783	341,737
35	199,66	2,995	131,508
Total	66,39	39,107	1.717,168

- Aporte de biomasa por fracciones de árbol (t/ha):

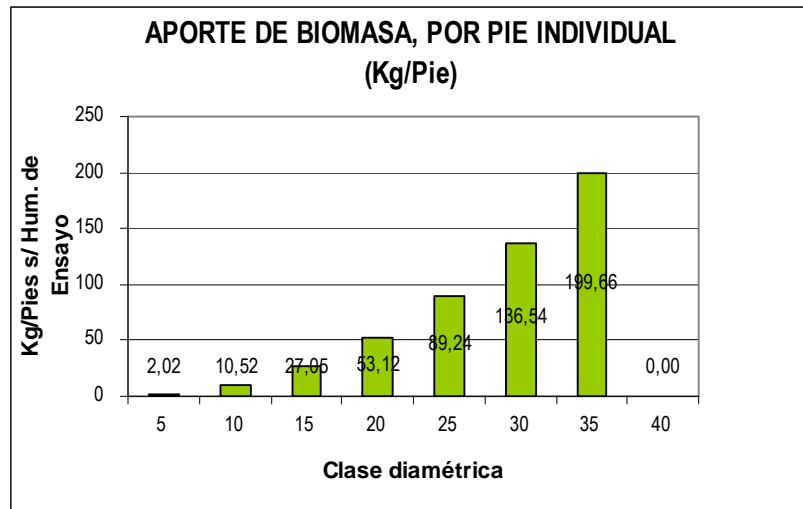


- Intensidad de apeo y densidad final (pies/ha):





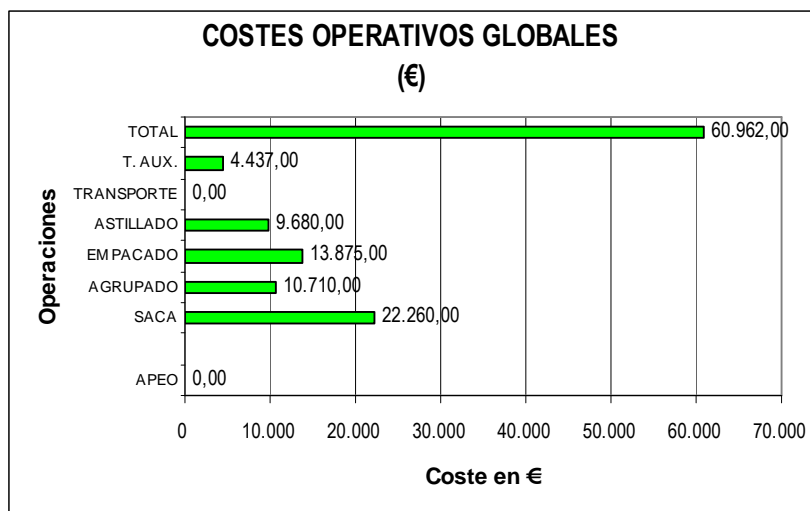
- Aporte de biomasa de cada pie (Kg/pie):



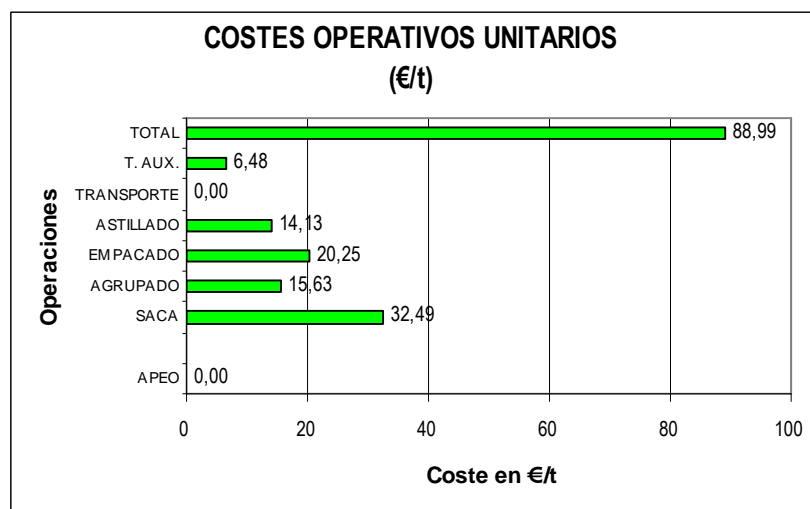
#### 4. Maquinaria:

		ESCENARIO 7: RESULTADOS DE CAMPO												
ACTIVIDAD	APEO		SACA	AGRUP.	EMPAC.	ASTILL.	TRANSPORTE	T. AUX.	TOTAL					
MAQUINARIA	TJ 870 B	TJ 1270	TJ 1010	TRACTOR	FORESTP.	JENZ HEM 561	TRACTORES	OPERARIO						
Total Horas Trabajadas			318,00	238,00	92,50	88,00		246,50						
	0,00													
Horas / ha										7,24	5,42	2,11	2,00	5,61
Pies / hora														
t / hora			2,15	2,88	7,41	7,78	2,78							
Coste Horario (€)	85,00		70,00	45,00	150,00	110,00	45,00	18,00						
Coste Total (€)	0,00		22.260,00	10.710,00	13.875,00	9.680,00		4.437,00	60.962,00					
Coste Unitario(€/t)	0,00		32,49	15,63	20,25	14,13		6,48	88,99					

➤ Costes operativos globales (€):



➤ Costes operativos unitarios (€/t):



#### 4.4.4 Provincia de Guadalajara

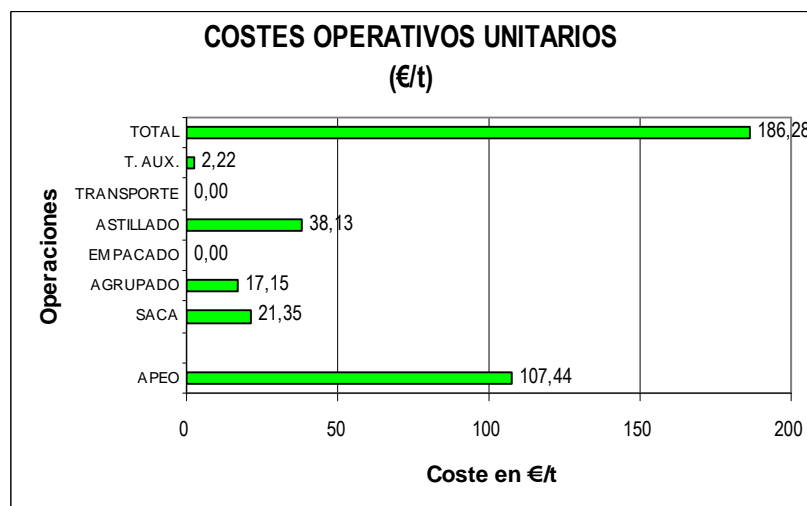
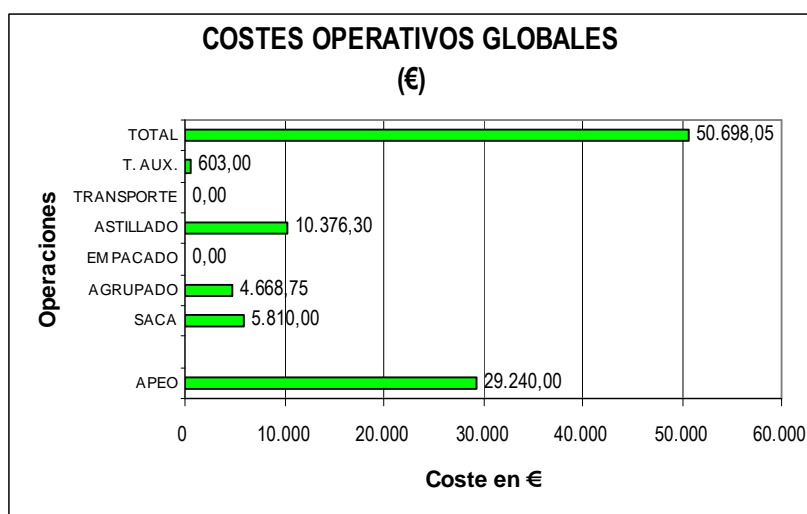
### Escenarios 8 y 9: Monte GU-142

En el monte GU-142 (escenarios 8 y 9) se ha astillado y pesado la biomasa procedente de una superficie de 6,75 ha. Esta biomasa ha sido transportada en camiones a varias plantas para el estudio de sus características. El resto de la biomasa ha sido astillada y dejada sobre el terreno.

Así, la maquinaria empleada y los datos de horas trabajadas y costes en ambos escenarios, estudiados conjuntamente, son:

ESCENARIO 8 Y 9: RESULTADOS DE CAMPO									
ACTIVIDAD	APEO		SACA	AGRUP.	EMPAC.	ASTILL.	TRANSPORTE	T. AUX.	TOTAL
MAQUINARIA	TJ 870 B	TJ 127 0	TJ 1010	TRACTOR	FORESTP	JENZ HEM 561	TRACTORES	OPERARIO	
Total Horas Trabajadas	344,00		83,00	103,75		94,33		33,50	
Horas / ha	50,96		12,30	15,37		13,97		4,96	
Pies / hora	7,63								
t / hora	0,79		3,28	2,62		2,89		8,12	
Coste Horario (€)	85,00		70,00	45,00	150,00	110,00	45,00	18,00	
Coste Total (€)	29.240,00		5.810,00	4.668,75		10.376,30		603,00	50.698,05
Coste Unitario (€/t)	107,44		21,35	17,15		38,13		2,22	186,28

➤ Costes operativos globales (€):



Con los datos obtenidos de los inventarios dendrométricos realizados en la zona, se ha podido determinar la biomasa teórica extraída por hectárea en cada escenario, separando entre las distintas especies presentes.

## Escenario 8: Monte GU-142

### ➤ *Pinus pinaster*

**Especie:** *Pinus pinaster*  
**Superficie Ejecutada:** 6,75 ha  
**Muestreada:** 0,08 ha  
**Total Biomasa Extraída:** 272,16 t  
2.626,00 Pies  
**Densidad de Extracción:** 40,32 t / ha  
389,00 Pies/ha  
**Humedad de Ensayo:** 35% s/ Peso Húmedo

1. Cuadro de muestreo: Tras el muestreo a pie de campo, se tiene el número de pies iniciales, extraídos y finales (tras la corta). Asimismo, teniendo en cuenta los pies obtenidos tras el muestreo y la superficie muestreada, se tienen dichos datos por hectárea:

Clase Diam.	MUESTREO (Nº pies)			Pies / ha		
	Inicial	Final	Extraído	Inicial	Final	Extraído
5	21	5	16	248	59	189
10	37	21	16	436	248	189
15	16	15	1	189	177	12
20	3	3	0	35	35	0
Total	77	44	33	908	519	389

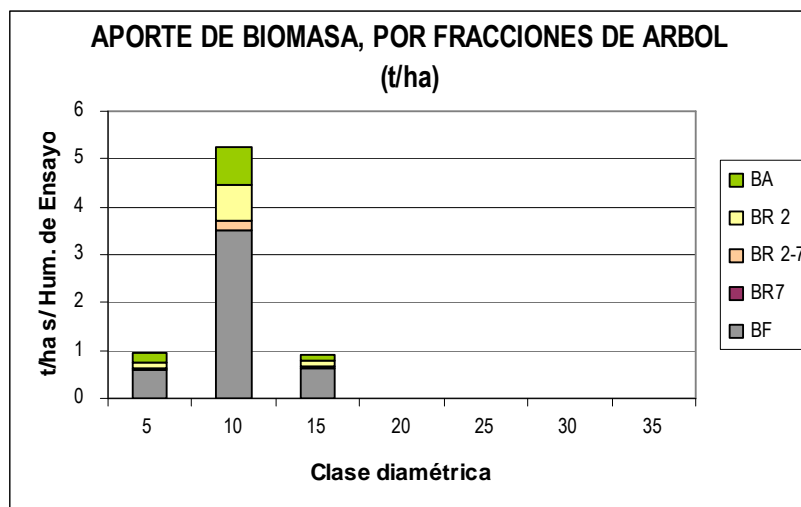
2. Cuadro de peso teórico de biomasa extraída (en toneladas por hectárea), según fracciones.

PESO TEÓRICO DE BIOMASA EXTRAÍDA, EXPRESADO EN TONELADAS POR HECTÁREA, SEGÚN FRACCIONES												
Clase Diam.	REFERIDO A MATERIA TOTALMENTE SECA						REFERIDO A LA HUMEDAD DEL ENSAYO					
	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea
5	0,383	0,000	0,022	0,094	0,112	0,612	0,590	0,000	0,034	0,145	0,173	0,941
10	2,271	0,000	0,139	0,489	0,501	3,400	3,494	0,000	0,213	0,753	0,771	5,231
15	0,402	0,000	0,025	0,080	0,075	0,583	0,618	0,000	0,039	0,123	0,116	0,896
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total t / ha	3,057	0,000	0,186	0,664	0,688	4,595	4,702	0,000	0,286	1,021	1,059	7,069
Total Ensayo	20,632	0,001	1,257	4,479	4,646	31,015	31,741	0,001	1,934	6,891	7,148	47,715

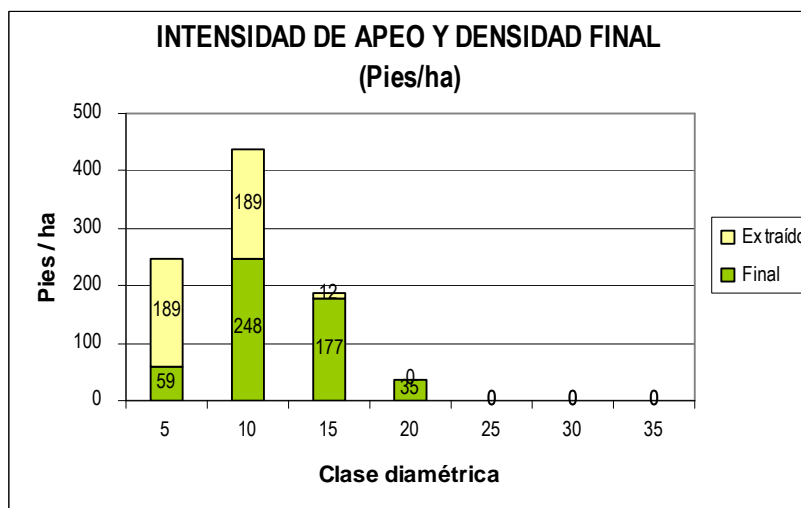
3. Biomasa extraída (kg/pie, t/ha y toneladas totales) por clase diamétrica:

Clase Diam.	REPARTO DE BIOMASA EXTRAÍDA		
	Por Pie (Kg)	Por ha (t)	Ensayo (t)
5	4,98	0,941	6,354
10	27,68	5,231	35,311
15	74,69	0,896	6,050
Total	18,17	7,069	47,715

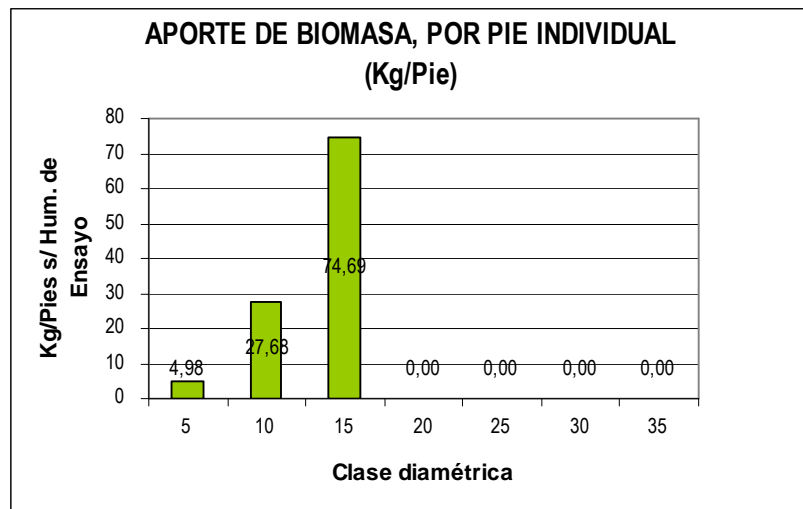
- Aporte de biomasa por fracciones de árbol (t/ha):



- Intensidad de apeo y densidad final (pies/ha):



- Aporte de biomasa de cada pie (Kg/pie):



- ***Quercus faginea***

**Especie:** *Quercus faginea*

**Superficie Ejecutada:** 6,75 ha

**Muestreada:** 0,08 ha

**Total Biomasa Extraída:** 272,16 t  
317,00 Pies

**Densidad de Extracción:** 40,32 t / ha  
47,00 Pies/ha

**Humedad de Ensayo:** 35% s/ Peso Húmedo

1. Cuadro de muestreo: Tras el muestreo a pie de campo, se tiene el número de pies iniciales, extraídos y finales (tras la corta). Asimismo, teniendo en cuenta los pies obtenidos tras el muestreo y la superficie muestreada, se tienen dichos datos por hectárea:



Clase Diam.	MUESTREO (Nº pies)			Pies / ha		
	Inicial	Final	Extraído	Inicial	Final	Extraído
5	4	1	3	47	12	35
10	4	3	1	47	35	12
15	5	5	0	59	59	0
20	0	0	0	0	0	0
Total	13	9	4	153	106	47

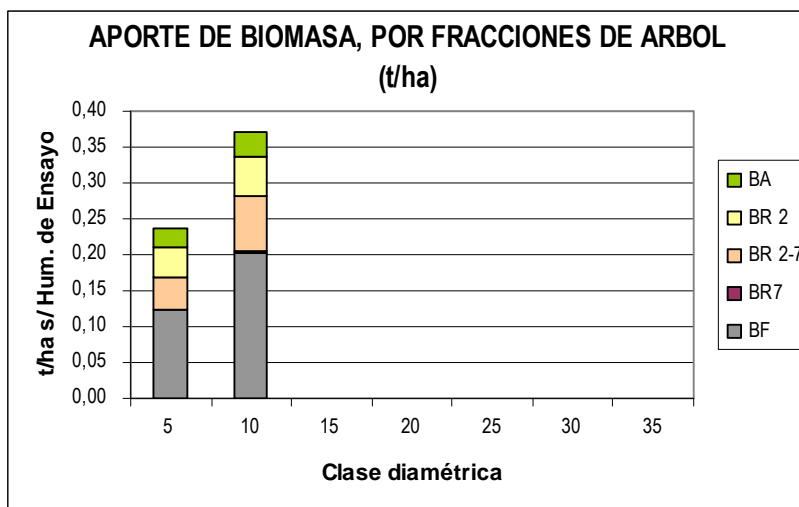
2. Cuadro de peso teórico de biomasa extraída (en toneladas por hectárea), según fracciones.

PESO TEÓRICO DE BIOMASA EXTRAÍDA, EXPRESADO EN TONELADAS POR HECTÁREA, SEGÚN FRACCIONES												
Clase Diam.	REFERIDO A MATERIA TOTALMENTE SECA						REFERIDO A LA HUMEDAD DEL ENSAYO					
	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea
5	0,080	0,000	0,029	0,028	0,017	0,154	0,124	0,000	0,044	0,043	0,025	0,237
10	0,131	0,003	0,049	0,037	0,022	0,241	0,202	0,004	0,076	0,056	0,033	0,371
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total t / ha	0,212	0,003	0,078	0,065	0,038	0,395	0,326	0,004	0,120	0,100	0,059	0,608
Total Ensayo	1,430	0,019	0,525	0,438	0,257	2,668	2,199	0,029	0,808	0,673	0,395	4,105

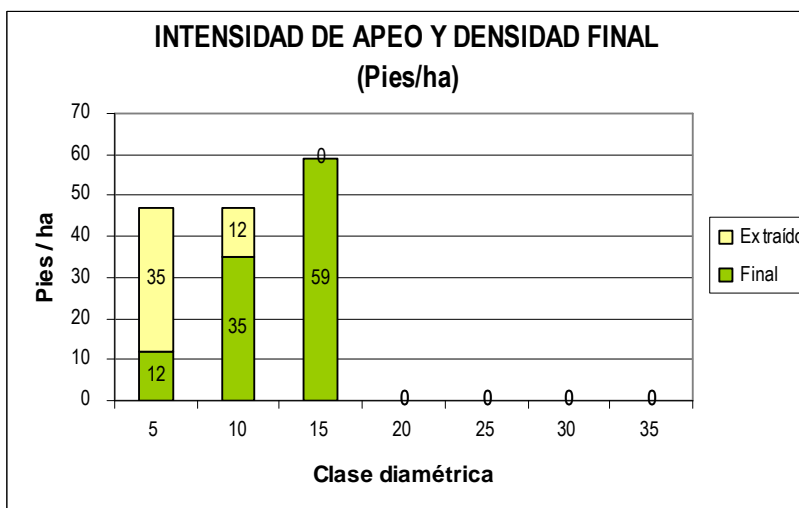
3. Biomasa extraída (kg/pie, t/ha y toneladas totales) por clase diamétrica:

Clase Diam.	REPARTO DE BIOMASA EXTRAÍDA		
	Por Pie (Kg)	Por ha (t)	Ensayo (t)
5	6,77	0,237	1,599
10	30,94	0,371	2,506
Total	12,94	0,608	4,105

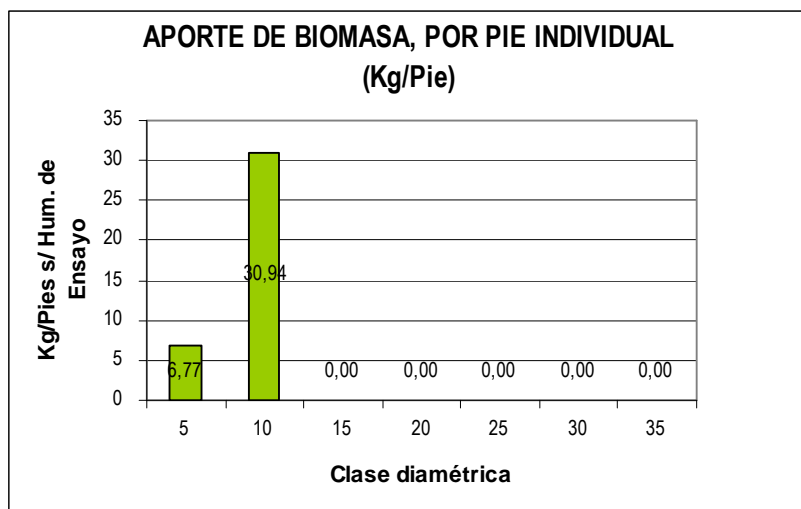
- Aporte de biomasa por fracciones de árbol (t/ha):



- Intensidad de apeo y densidad final (pies/ha):



- Aporte de biomasa de cada pie (Kg/pie):



Por tanto, la biomasa extraída procedente del arbolado es la suma de la proporcionada por *Pinus pinaster* más la de *Quercus faginea*. Es decir:

$$7,069 \text{ t/ha} + 0,608 \text{ t/ha} = 7,677 \text{ t/ha}$$

➤ **Matorral**

Una vez calculada la biomasa arbórea extraída, es necesario calcular la biomasa por hectárea aportada por el matorral presente, que en este escenario es muy abundante.

En los escenarios 8 y 9 de la provincia de Guadalajara se procedió al apeo y pesaje del matorral y se anotó su altura media. Así, se obtuvo el valor de la densidad aparente ( $4 \text{ kg} / \text{m}^3$  aparente). Multiplicando dicha densidad por la altura media proporcionada con el Inventario Forestal Nacional para dicha especie en la provincia de Guadalajara ( $1,21 \text{ m}$ ), se obtuvo la densidad superficial, siendo ésta  $4,840 \text{ kg} / \text{m}^2$ .

Por otra parte, teniendo en cuenta la presencia del matorral en la zona, éste ocupa una superficie de  $7.500 \text{ m}^2$  por hectárea. Por tanto:

$$4,840\text{kg} / \text{m}^2 \cdot 7.500\text{m}^2 / \text{ha} = 36.300\text{kg} / \text{ha} = 36,300\text{t} / \text{ha}$$

Con lo que la biomasa que aporta el matorral en dichos escenarios es de 36,300 t/ha, que será sumada a la calculada anteriormente para el arbolado presente.

Por tanto, la cantidad de biomasa teórica extraída por hectárea en este escenario es:

$$7,677 \text{ t/ha} + 36,300 \text{ t/ha} = 43,977 \text{ t/ha}$$

Comparando el dato teórico con el obtenido a pie de campo, se tiene que la merma de extracción es de un 9,1 %.



**Foto nº 7.- Astillado de la biomasa forestal**

## Escenario 9: Monte GU-142

### ➤ *Pinus pinaster*

Especie: *Pinus pinaster*

Superficie Ejecutada: 6,75 ha

Muestreada: 0,06 ha

1. Cuadro de muestreo: Tras el muestreo a pie de campo, se tiene el número de pies iniciales, extraídos y finales (tras la corta). Asimismo, teniendo en cuenta los pies obtenidos tras el muestreo y la superficie muestreada, se tienen dichos datos por hectárea:

Clase Diam.	MUESTREO (Nº pies)			Pies / ha		
	Inicial	Final	Extraído	Inicial	Final	Extraído
5	21	17	4	377	305	72
10	9	8	1	162	144	18
15	9	9	0	162	162	0
20	0	0	0	0	0	0
Total	39	34	5	700	610	90

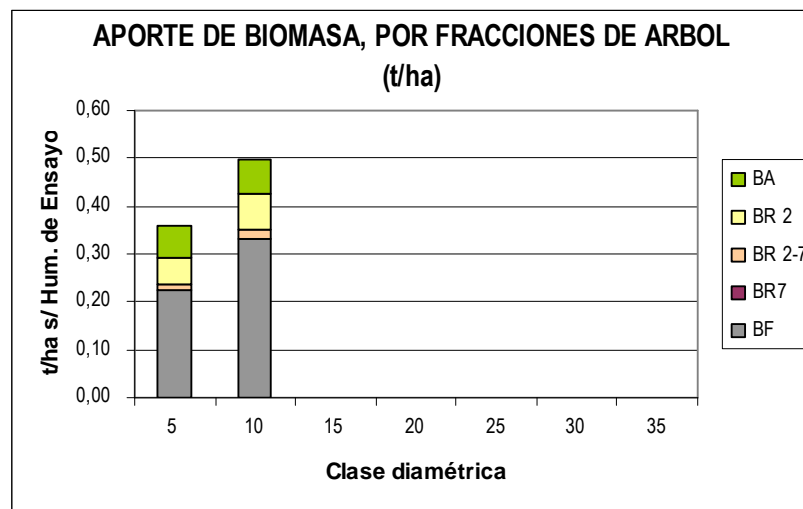
2. Cuadro de peso teórico de biomasa extraída (en toneladas por hectárea), según fracciones.

PESO TEÓRICO DE BIOMASA EXTRAÍDA, EXPRESADO EN TONELADAS POR HECTÁREA, SEGÚN FRACCIONES												
Clase Diam.	REFERIDO A MATERIA TOTALMENTE SECA						REFERIDO A LA HUMEDAD DEL ENSAYO					
	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea
5	0,146	0,000	0,008	0,036	0,043	0,233	0,225	0,000	0,013	0,055	0,066	0,358
10	0,216	0,000	0,013	0,047	0,048	0,324	0,332	0,000	0,020	0,072	0,073	0,498
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total t / ha	0,362	0,000	0,022	0,082	0,090	0,556	0,557	0,000	0,033	0,127	0,139	0,856
Total Ensayo	2,444	0,000	0,146	0,556	0,610	3,756	3,760	0,000	0,225	0,855	0,939	5,778

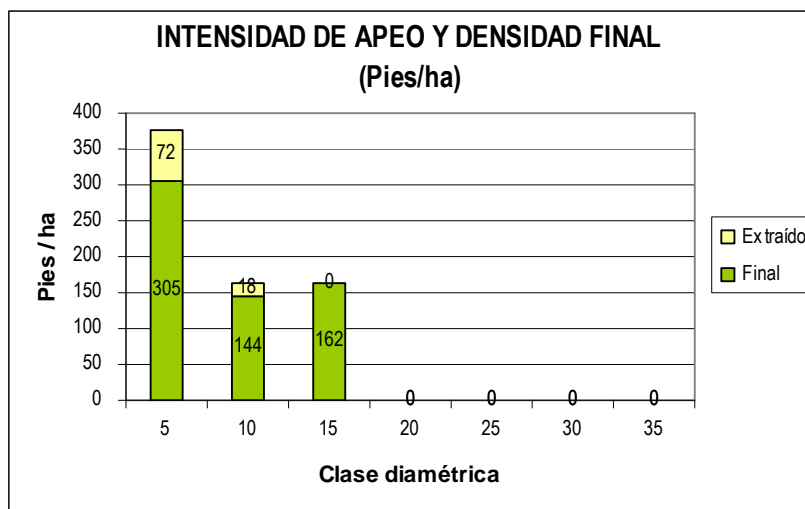
3. Biomasa extraída (kg/pie, t/ha y toneladas totales) por clase diamétrica:

Clase Diam.	REPARTO DE BIOMASA EXTRAIDA		
	Por Pie (Kg)	Por ha (t)	Ensayo (t)
5	4,98	0,358	2,419
10	27,65	0,498	3,360
<b>Total</b>	9,51	0,856	5,778

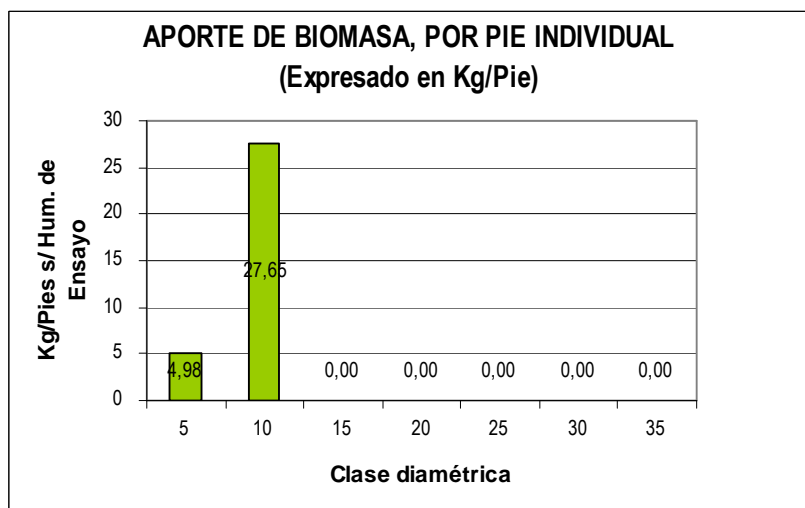
- Aporte de biomasa por fracciones de árbol (t/ha):



- Intensidad de apeo y densidad final (pies/ha):



- Aporte de biomasa de cada pie (Kg/pie):



➤ **Quercus faginea**

Especie: *Quercus faginea*

Superficie Ejecutada: 6,75 ha

Muestreada: 0,06 ha

1. Cuadro de muestreo: Tras el muestreo a pie de campo, se tiene el número de pies iniciales, extraídos y finales (tras la corta). Asimismo, teniendo en cuenta los pies obtenidos tras el muestreo y la superficie muestreada, se tienen dichos datos por hectárea:

Clase Diam.	MUESTREO (Nº pies)			Pies / ha		
	Inicial	Final	Extraído	Inicial	Final	Extraído
5	124	66	58	2.226	1.185	1.041
10	3	3	0	54	54	0
15	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
Total	124	66	58	2.226	1.185	1.041

2. Cuadro de peso teórico de biomasa extraída (en toneladas por hectárea), según fracciones.

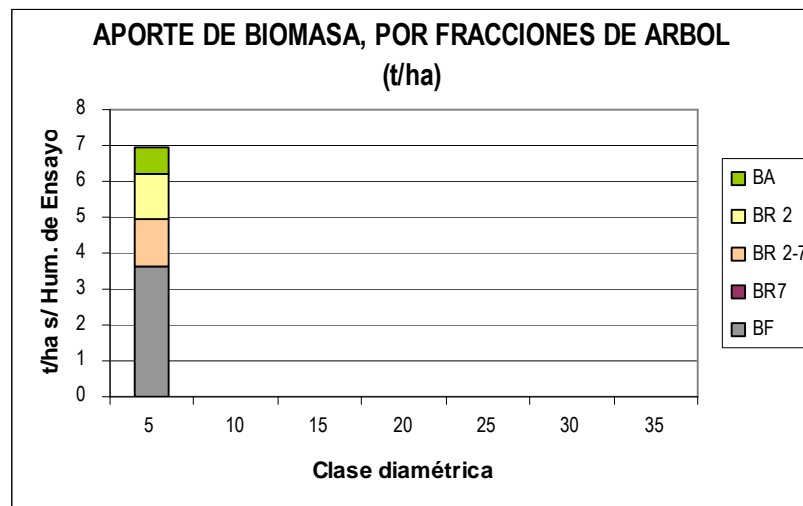
PESO TEÓRICO DE BIOMASA EXTRAÍDA, EXPRESADO EN TONELADAS POR HECTÁREA, SEGÚN FRACCIONES												
Clase Diam.	REFERIDO A MATERIA TOTALMENTE SECA						REFERIDO A LA HUMEDAD DEL ENSAYO					
	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea
5	2,367	0,006	0,845	0,828	0,486	4,533	3,641	0,009	1,300	1,275	0,748	6,973
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total t / ha	2,367	0,006	0,845	0,828	0,486	4,533	3,641	0,009	1,300	1,275	0,748	6,973
Total Ensayo	15,975	0,041	5,703	5,592	3,283	30,595	24,578	0,063	8,774	8,603	5,051	47,069



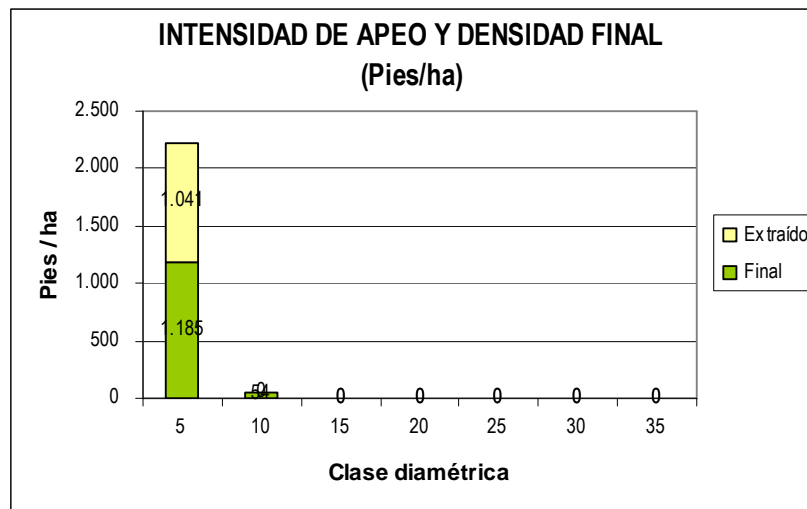
3. Biomasa extraída (kg/pie, t/ha y toneladas totales) por clase diamétrica:

Clase Diam.	REPARTO DE BIOMASA EXTRAIDA		
	Por Pie (Kg)	Por ha (t)	Ensayo (t)
5	6,70	6,973	47,069
Total	6,70	6,973	47,069

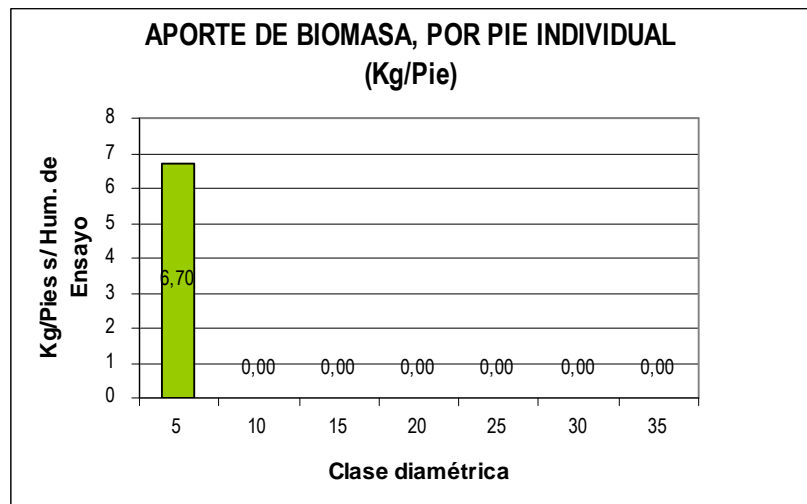
- Aporte de biomasa por fracciones de árbol (t/ha):



- Intensidad de apeo y densidad final (pies/ha):



- Aporte de biomasa de cada pie (Kg/pie):



La biomasa arbórea extraída, por tanto, se calcula como suma de la procedente de *Pinus pinaster* más la de *Quercus faginea*:

$$0,856 \text{ t/ha} + 6,973 \text{ t/ha} = 7,829 \text{ t/ha}$$

➤ **Matorral**

El cálculo de la biomasa por hectárea extraída procedente del matorral se ha realizado de la manera descrita anteriormente. Por tanto, se tienen 36,300 t/ha. de biomasa aportadas por el matorral.

Por tanto, la cantidad de biomasa teórica extraída por hectárea en este escenario es:

$$7,829 \text{ t/ha} + 36,300 \text{ t/ha} = 44,129 \text{ t/ha}$$

Comparando el dato teórico con el obtenido a pie de campo, se tiene que la merma de extracción es de un 9,4 %, cantidad ésta muy similar a la merma obtenida en el escenario anterior.



**Foto nº 8.- Acordonado de residuos forestales**

## Escenario 10: Monte GU-205

A continuación, y con carácter informativo, se lleva a cabo el cálculo de la biomasa extraída en este escenario, teniendo en cuenta los inventarios realizados y, como en el resto de casos, los valores modulares para la estimación de la biomasa (Montero, G.; Ruiz-Peinado, R.; Muñoz, M. 2005).

**Especie:** *Quercus ilex*  
**Superficie Ejecutada:** 9,00 ha  
**Muestreada:** 0,16 ha  
**Total Biomasa Extraída:** 11.979,00 Pies  
**Densidad de Extracción:** 1.331,00 Pies / ha  
**Humedad de Ensayo:** 35% s/ Peso Húmedo

### 1. Cuadro de muestreo:

Clase Diam.	MUESTREO (Nº pies)			Pies / ha		
	Inicial	Final	Extraído	Inicial	Final	Extraído
5	412	234	178	2.587	1.469	1.118
10	79	45	34	496	283	213
15	7	7	0	44	44	0
Total	498	286	212	3.127	1.796	1.331

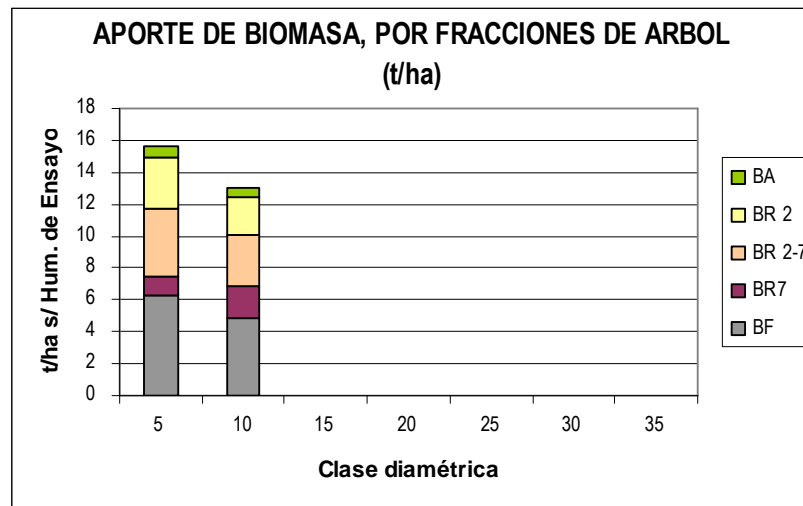
### 2. Cuadro de peso teórico de biomasa extraída (en toneladas por hectárea), según fracciones.

Clase Diam.	PESO TEÓRICO DE BIOMASA EXTRAÍDA, EXPRESADO EN TONELADAS POR HECTÁREA, SEGÚN FRACCIONES											
	REFERIDO A MATERIA TOTALMENTE SECA						REFERIDO A LA HUMEDAD DEL ENSAYO					
	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea	BF	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea
5	4,053	0,826	2,756	2,054	0,471	10,161	6,236	1,272	4,239	3,160	0,725	15,632
10	3,135	1,302	2,110	1,542	0,354	8,442	4,823	2,003	3,246	2,373	0,544	12,988
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total t / ha	7,188	2,128	4,865	3,596	0,825	18,603	11,059	3,274	7,485	5,533	1,269	28,620
Total Ensayo	64,694	19,154	43,788	32,368	7,426	167,429	99,530	29,467	67,366	49,796	11,424	257,583

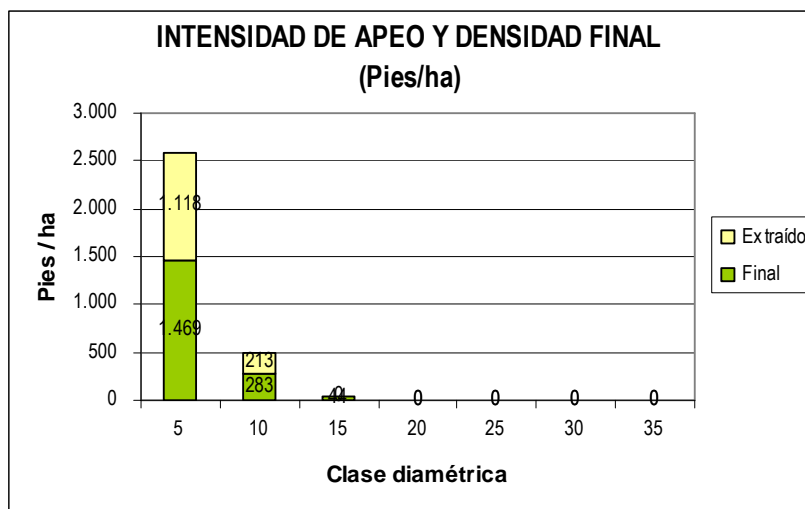
3. Biomasa extraída (kg/pie, t/ha y toneladas totales) por clase diamétrica:

Clase Diam.	REPARTO DE BIOMASA EXTRAIDA		
	Por Pie (Kg)	Por ha (t)	Ensayo (t)
5	13,98	15,632	140,689
10	60,98	12,988	116,894
<b>Total</b>	21,50	28,620	257,583

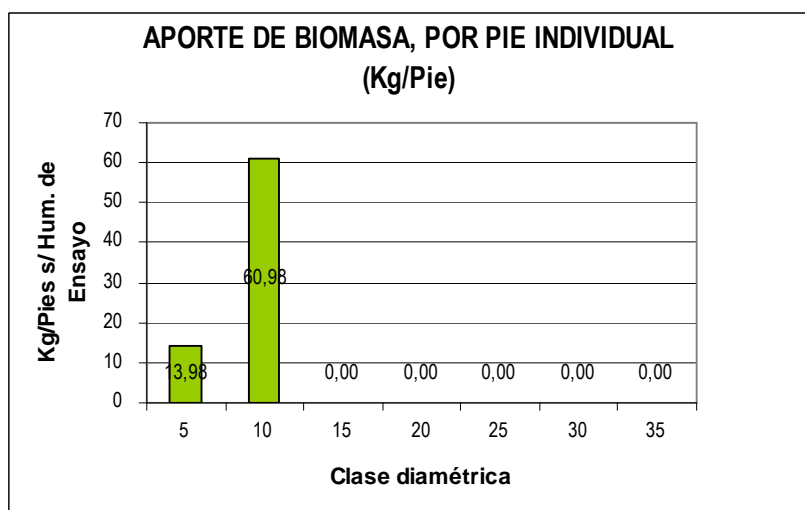
- Aporte de biomasa por fracciones de árbol (t/ha):



- Intensidad de apeo y densidad final (pies/ha):



- Aporte de biomasa de cada pie (Kg/pie):



#### 4.4.5 Provincia de Ciudad Real

### Escenario 11: Monte nº 62

Los trabajos realizados en este escenario tienen carácter meramente informativo.

Tras el resalveo con motosierra y el apilado manual de los residuos, formando cordones, se ha llevado a cabo el astillado de los mismos, obteniéndose los siguientes resultados:

Especie: *Quercus ilex*

Superficie Ejecutada: 3,80 ha

Total Biomasa Extraída: 78,43 t

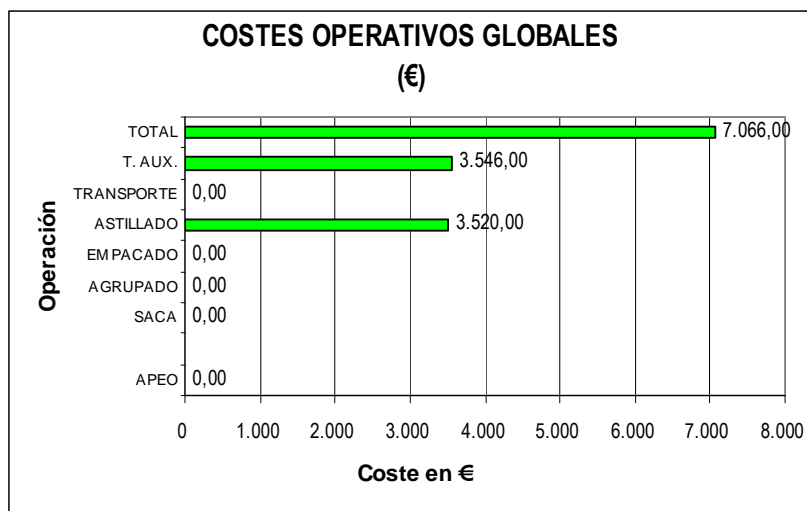
Densidad de Extracción: 20,64 t / ha

Humedad de Ensayo: 35% s/ Peso Húmedo

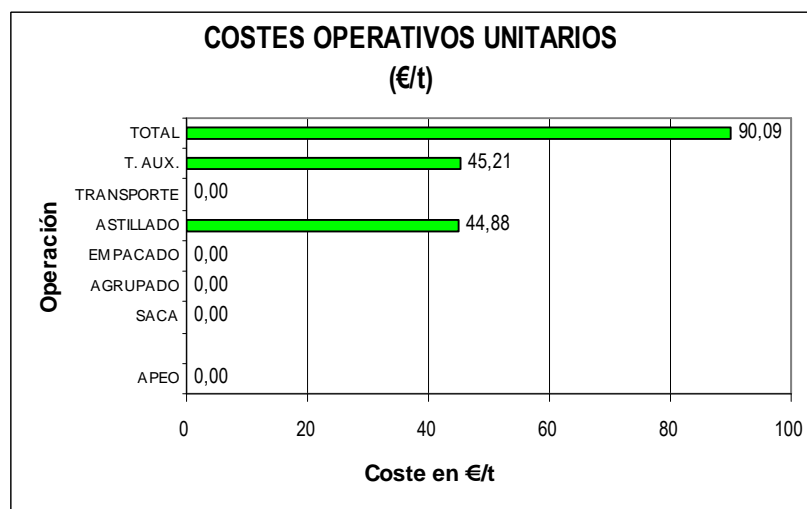
#### 1. Maquinaria:

ESCENARIO 11: RESULTADOS DE CAMPO									
ACTIVIDAD	APEO		SACA	AGRUP.	EMPAC.	ASTILL.	TRANSPORTE	T. AUX.	TOTAL
MAQUINARIA	TJ 870 B	TJ 127 0	TJ 1010	TRACTOR	FORESTP	JENZ HEM 561	TRACTORES	OPERARIO	
Total Horas Trabajadas						32,00		197,00	
Horas / ha						8,42		51,84	
Pies / hora									
t / hora						2,45		0,40	
Coste Horario (€)	85,00		70,00	45,00	150,00	110,00	45,00	18,00	
Coste Total (€)						3.520,00		3.546,00	7.066,00
Coste Unitario (€/t)						44,88		45,21	90,09

➤ Costes operativos globales (€):



➤ Costes operativos unitarios (€/t):





## Escenario 12: Monte nº 55

**Especie:** *Pinus pinea*  
**Superficie Ejecutada:** 8,18 ha  
**Muestreada:** 0,106 ha  
**Total Biomasa Extraída:** 251,33 t  
2.847,00 Pies  
**Densidad de Extracción:** 30,72 t / ha  
348,00 Pies/ha  
**Humedad de Ensayo:** 35 % s/ Peso Húmedo  
**Merma de Extracción:** 10,1 % s/ Extraído

### 2. Cuadro de muestreo:

Clase Diam.	MUESTREO (Nº pies)			Pies / ha		
	Inicial	Final	Extraído	Inicial	Final	Extraído
5	1	0	1	9	0	9
10	5	0	5	47	0	47
15	27	9	18	254	85	170
20	32	19	13	301	179	122
25	1	1	0	9	9	0
30	1	1	0	9	9	0
Total	67	30	37	631	283	348

### 3. Cuadro de peso teórico de biomasa extraída (en toneladas por hectárea), según fracciones.

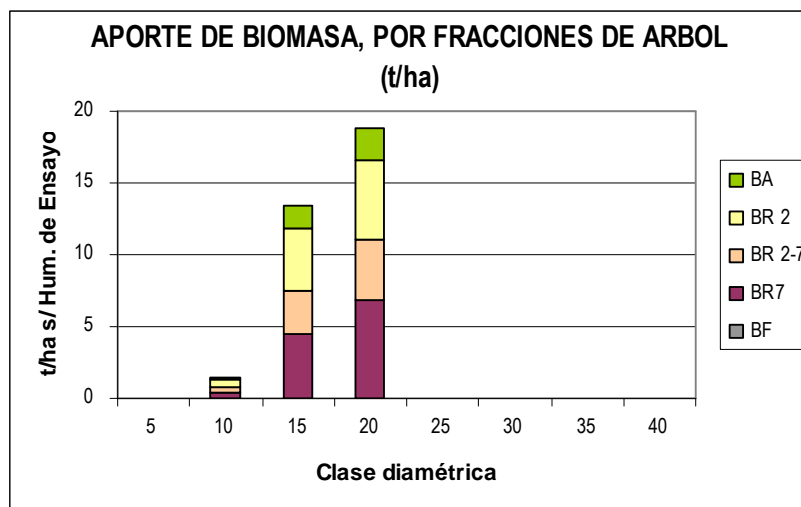
En este escenario, no se ha incluido la biomasa aportada por los fustes, por no ser éstos incluidos dentro de los trabajos realizados.

Clase Diam.	PESO TEÓRICO DE BIOMASA EXTRAÍDA, EXPRESADO EN TONELADAS POR HECTÁREA, SEGÚN FRACCIONES									
	REFERIDO A MATERIA TOTALMENTE SECA					REFERIDO A LA HUMEDAD DEL ENSAYO				
	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea	BR7	BR 2-7	BR 2	BA	BT aérea
5	0,009	0,008	0,019	0,006	0,041	0,014	0,012	0,029	0,009	0,063
10	0,283	0,201	0,358	0,125	0,967	0,436	0,309	0,551	0,192	1,488
15	2,926	1,911	2,830	1,080	8,747	4,501	2,940	4,354	1,661	13,456
20	4,464	2,750	3,571	1,451	12,237	6,868	4,231	5,494	2,233	18,826
25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
35	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total t / ha</b>	7,682	4,869	6,778	2,662	21,992	11,819	7,491	10,428	4,095	33,833
<b>Total Ensayo</b>	62,840	39,832	55,446	21,775	179,892	96,676	61,280	85,301	33,500	276,757

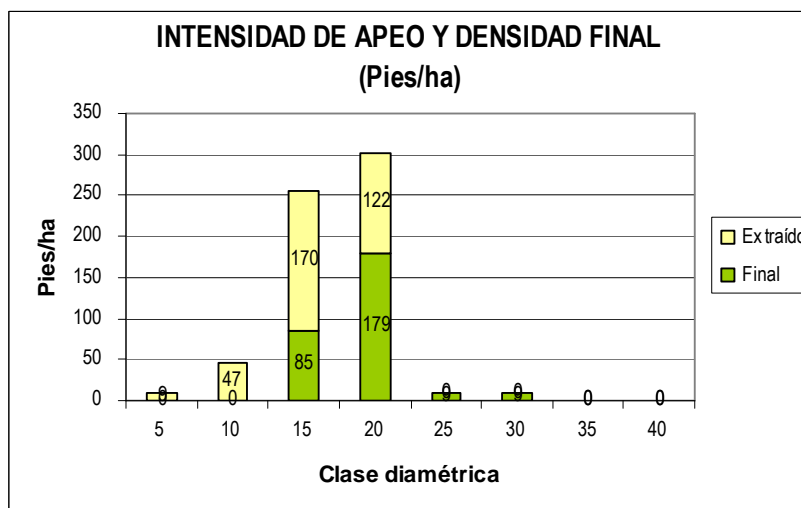
4. Biomasa extraída (kg/pie, t/ha y toneladas totales) por clase diamétrica::

Clase Diam.	REPARTO DE BIOMASA EXTRAÍDA		
	Por Pie (Kg)	Por ha (t)	Ensayo (t)
5	7,05	0,063	0,519
10	31,66	1,488	12,171
15	79,16	13,456	110,074
20	154,31	18,826	153,993
<b>Total</b>	97,22	33,833	276,757

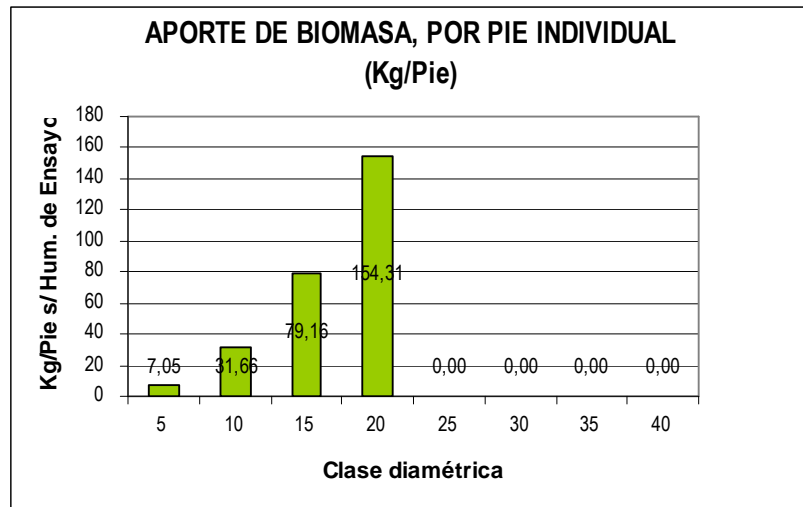
- Aporte de biomasa por fracciones de árbol (t/ha):



- Intensidad de apeo y densidad final (pies/ha):



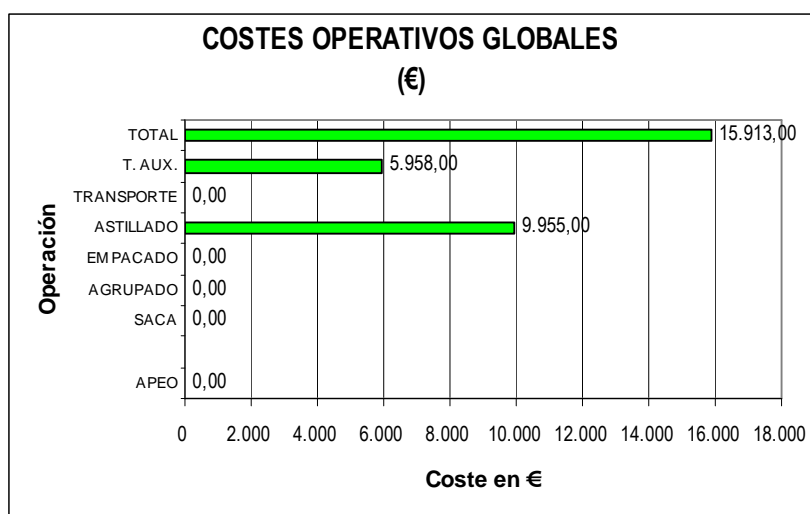
- Aporte de biomasa de cada pie (Kg/pie):



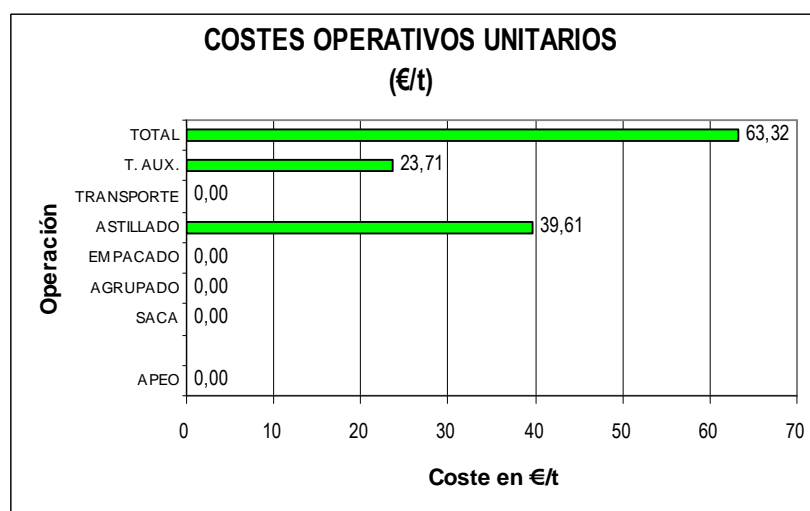
## 5. Maquinaria:

ESCENARIO 12: RESULTADOS DE CAMPO									
ACTIVIDAD	APEO		SACA	AGRUP.	EMPAC.	ASTILL.	TRANSPORTE	T. AUX.	TOTAL
MAQUINARIA	TJ 870 B	TJ 1270	TJ 1010	TRACTOR	FORESTP	JENZ HEM 561	TRACTORES	OPERARIO	
Total Horas Trabajadas						90,50		331,00	
Horas / ha						11,06		40,46	
Pies / hora									
t / hora						2,78		0,76	
Coste Horario (€)	85,00		70,00	45,00	150,00	110,00	45,00	18,00	
Coste Total (€)						9.955,00		5.958,00	15.913,00
Coste Unitario (€/t)						39,61		23,71	63,32

➤ Costes operativos globales (€):



➤ Costes operativos unitarios (€/t):



## 4.5 COMPARACIÓN DE RESULTADOS

### 4.5.1 Comparación de datos de biomasa teóricos y obtenidos a pie de campo

Una vez obtenidos los datos a pie de campo y teóricos de la biomasa extraída en cada uno de los escenarios estudiados, se pueden realizar análisis comparativos entre ellos. En la tabla siguiente, se muestran, por escenarios, los datos teóricos y los obtenidos a pie de campo, así como las mermas existentes entre dichos valores:

Especie	Biomasa obtenida (t/ha)		Merma (%)	Localización	
	Teórica	A pie de campo		Escenario	Término municipal
<i>Pinus halepensis</i>	-	-	-	1	Buendía (Cuenca)
<i>Pinus halepensis</i>	19,190	16,710	14,9	2	Torralba (Cuenca)
<i>Pinus nigra</i> var. <i>austriaca</i>	24,455	21,620	13,1	3	Albalate de las Nogueras (Cuenca)
<i>Pinus nigra</i> var. <i>salzmannii</i>	19,420	18,100	7,3	4	Fuentes (Cuenca)
<i>Pinus halepensis</i>	-	-	-	5	Cañaveras (Cuenca)
<i>Pinus nigra</i>	-	-	-	6	Nerpio (Albacete)
<i>Pinus pinaster</i>	39,107	15,600	150,7	7	Los Navalucillos (Toledo)
<i>Pinus pinaster</i> <i>Quercus faginea</i> <i>Cistus laurifolius</i>	43,977	40,320	9,1	8	Hombrados (Guadalajara)
<i>Pinus pinaster</i> <i>Quercus faginea</i> <i>Cistus laurifolius</i>	44,129	40,320	9,4	9	Hombrados - El Pobo (Guadalajara)
<i>Quercus ilex</i>	28,620	-	-	10	TorreCuadrada de Molina (Guadalajara)
<i>Quercus ilex</i>	-	20,639	-	11	Puebla de D. Rodrigo (Ciudad Real)
<i>Pinus pinea</i>	33,833	30,725	10,1	12	Saceruela (Ciudad Real)

#### 4.5.2 Cuadros de aforos.

Para facilitar el simple aforo de la biomasa existente en una masa forestal, se han obtenido unos valores para distintas especies con un error más o menos grosero, por comarcas naturales y expresadas tanto para madera seca (30 % de humedad), como para madera fresca (50 % de humedad), para su uso por el gestor, propietario forestal o selvicultor.

ESPECIE	COMARCA	Ø cm.	MADERA SECA Kg. / pie	MADERA FRESCA Kg. / pie	Tn./ha.	OBSERVACIONES
Pino laricio	Alcarria (Cuenca)	15	64	99	24,455	Repoblación 25 años
	Serranía Media (Cuenca)	15	26	40	19,420	Repoblación 50 años
	Sierra del Segura (Albacete)	-	-	-	8,08	Natural. Restos de copas de latizal alto
Pino rodeno	El Rodenal (Guadalajara)	15	49	75	7,069	Repoblación Latizal
	Montes de Toledo (Toledo)	15	15	27	39,107	Repoblación 25 años
Pino carrasco	Alcarria (Cuenca)	15	56	87	19,190	Repoblación 35 años
	Alcarria (Cuenca)	-	-	-	14,40	Repoblación Restos tratamientos selvícolas
Pino piñonero	Montes (Ciudad Real)	15	51	79	33,833	Repoblación Latizal
Encina	Señorio de Molina (Guadalajara)	10	40	61	28,620	Natural. Resalveo
	Montes (Ciudad Real)	10	24	37	24,64	Natural. Resalveo
Quejigo-Rebollo	El Rodenal Guadalajara)	10	20	31		
Matorral	El Rodenal Guadalajara)	-	-	-	36,300	Jara pringosa

Con estos valores y los datos que proporciona el IFN3 se podrá, de una forma rápida, calcular la biomasa existente en una zona, siempre y cuando sean admisibles márgenes de error groseros.

#### 4.5.3 Cuadros de costos

Al costo real que supone poner la astilla en contenedores, a esta cifra habría que añadir, en el supuesto de que la biomasa fuera producida por una empresa particular, la parte que corresponde de gastos generales y beneficio industrial, aspectos éstos que en los trabajos por Administración no se tienen en cuenta, que supondrán el 19 % el 16 % de IVA, todo ello sobre la ejecución material, además de una partidaalzada de arreglo de infraestructuras del 1 % y el precio de adquisición del producto base, actualmente sin valor, cantidad a la que habría que añadir su IVA del 7 %.

<b>Costo medio E. M. (€)</b>	<b>Producto (€)</b>	<b>I. V. A, producto 16 % (€)</b>	<b>Arreglo inf, 1 % (€)</b>	<b>Beneficio Industrial 19 % (€)</b>	<b>I. V. A, E.M. 16 % (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
114,31	0	0	1,14	21,72	18,29	155.46
63,00	0	0	0,63	11,97	10,08	85,68

Todo ello supondría un precio en monte de la biomasa muy superior al que se podría considerar como el umbral mínimo de la rentabilidad.

Estos cálculos se han efectuado en los supuestos más favorables y de menor costo, que han sido escenarios caracterizados por realizar en ellos labores de claras y clareos y siempre a menos de 50 km. de distancia de los centros de recepción, dado que a



partir de esa distancia el costo del transporte puede hacer inviable este aprovechamiento.

Es de esperar la existencia de una malla empresarial privada que se dedique a este tema, los costes de explotación deberán tender tanto por la mayor eficacia en el desarrollo de los trabajos de explotación, más maquinaria disponible y de mejor calidad, como por la muy probable creación de “centros logísticos” que, actuando como paso intermedio, reciban la biomasa y efectúen una primera transformación mediante astillado, secado y compactación para su posterior transporte a los centros de transformación.

Todos estos cálculos y deducciones están efectuados sin tener en cuenta la influencia que sobre los mismos pueda tener la entrada en vigor del “Real Decreto 661/2007, de 25 de Mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial”, que establece una serie de primas y beneficios a la empresa productora de energía renovable a partir de la biomasa que es clasificada de acuerdo con el cuadro adjunto, en donde se incluyen las primas ofertadas:

**Tabla 5**

BIOMASA	GRUPO	TARIFA REGULADA (cent € / kWh)	PRIMA DE REFERENCIA (cent € / kWh)
Cultivos energéticos	b.6.1	14,659	10,096
Residuos agrícolas	b.6.2	10,754	6,191
Residuos forestales	b.6.3	11,829	7,267
Residuos de industrias agrícolas	b.8.1	10,950	6,382
Residuos industrias forestales	b.8.2	7,135	2,996
Licores negros	b.8.3	9,300	4,969

A continuación, a la vista de los trabajos realizados, se exponen las principales conclusiones deducidas en los trabajos de aprovechamiento de la masa forestal residual en Castilla-La Mancha:

- a. La variabilidad de las masas forestales naturales es la principal dificultad para proceder a un correcto inventario de la biomasa forestal, aspecto éste no tan relevante en las masas forestales procedentes de repoblación forestal.
- b. De las características del terreno, la única que se ha visto como limitante es su rugosidad, dado que este factor dificulta enormemente el trabajo de la maquinaria a emplear, impidiendo incluso en determinados casos su uso.
- c. La maquinaria que mejor resultado ha proporcionado ha sido aquella de aspecto más robusto y compacto, sin exceso de flejes y latiguillos.
- d. La empacadora usada ha sido de fabricación nacional, de paca rectangular, la cual, debido a los tremendos esfuerzos que la compresión que biomasa obliga, sufre un exceso de tiempos muertos y de paradas técnicas. No ha sido posible el uso de empacadoras formadoras de paca tronco-cilíndrica por su no disponibilidad en el mercado.
- e. En cuanto al manejo de la biomasa producida, y dado que los nutrientes de la misma están situados en hojas y ramillas finas, es aconsejable que los productos de donde se obtiene la biomasa, una vez extraídos del monte, permanezcan un tiempo en el mismo para que las ramillas y hojas se desprendan en el manejo de este material en el propio lugar de su obtención.

No debe dejarse secar en exceso dado que, si la pérdida de humedad es excesiva durante el proceso de astillado o empacado, se producen demasiadas pérdidas de biomasa por excesiva producción de polvo.

- f. Hay que optimizar el transporte de la biomasa producida, dado que estamos transportando materia seca (biomasa), agua y aire, además de partículas de arena y tierra, cuando no material pétreo en forma de pequeñas piedras.
- g. Existen pocas instalaciones capaces de admitir la biomasa forestal para su transformación energética. En la actualidad las instalaciones industriales de transformación energética no están preparadas para recibir este material, solo una de todas las existentes en la Región ha aceptado este producto para el destino para el que fue producido.

Sería necesario acometer acciones tendentes a homogeneizar el producto producido, o bien adaptar las instalaciones industriales para su óptimo uso como combustibles.

Para el primero de los supuestos, los “centros logísticos” constituyen una pieza importante en este engranaje, los cuales deberían actuar como canales de comercialización y centros de distribución de biomasa.

- h. La producción de biomasa supone un importante beneficio para los montes al eliminar de la misma la masa forestal sobrante para el correcto desarrollo sostenible de los bosques. A la vez que se cumple este objetivo puede ser, un motor económico que impulse el desarrollo rural de las poblaciones ubicadas en las comarcas de carácter forestal, mediante la creación de empleo tanto directo en la generación de pequeñas empresas que se dediquen a la extracción de biomasa o la manipulación de este material (centros logísticos), y en las propias instalaciones generadoras de energía, como de forma indirecta en empresas dedicadas al mantenimiento de las infraestructuras y equipos necesarios para el buen funcionamiento de esta cadena productiva.
- i. Aunque durante el periodo en que se ha realizado el estudio, el costo de producción y comercialización de la biomasa forestal residual supera el actual precio de mercado, es muy probable que en un futuro próximo esta situación se invierta, por el gran dinamismo de este producto que se espera en los próximos años. Esto se deberá a:

- La entrada y aplicación del “Real Decreto 661/2007, de 25 de Mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial”, que establece una serie de primas y beneficios a la empresa productora de energía renovable a partir de la biomasa conllevará que parte del importe de esta subvención alcanzará al propietario y al productor de esta materia prima absorbiendo así parte del exceso del costo detectado.
- Estos trabajos son el complemento ideal de otros trabajos financiados por las Administración Pública, al permitir la derivación de los residuos producidos en trabajos selvícolas preventivos de incendios o de mejora forestal, cuyo destino en un principio sería su destrucción e integración en el terreno, a la generación de biomasa forestal residual, ahorrándose la Administración un gasto que compensara en parte los costos generados en la obtención de este producto.
- La progresiva puesta en marcha de nuevas instalaciones con el consiguiente incremento de la demanda ha de provocar la aparición de una infraestructura para la comercialización y producción de este producto, ahora inexistente, y en manos de la Administración Pública.
- La demanda de este producto conllevará un aumento del parque de maquinaria existente para su obtención de este producto, así como su innovación y desarrollo en busca de mayores rendimientos a menores costos.
- La comercialización de la biomasa residual forestal y su puesta en valor será una herramienta esencial para el Desarrollo Rural de las comarcas castellano-manchegas productoras de este producto a través de pequeñas empresas familiares y cooperativas de trabajo asociado de carácter local o comarcal dedicadas a la extracción, primer tratamiento y comercialización de la biomasa, mantenimiento de maquinaria e infraestructura. Sin duda será el motor de muchas zonas forestales.
- Una vez que exista una malla empresarial privada suficiente para la obtención de biomasa forestal, la Administración Pública y con ella sus Empresas Públicas deberán retirarse de este mercado e

impulsar la actividad de estas pequeñas empresas caracterizadas por sus con menores costos y mayor agilidad, por lo que lógicamente disminuirá de forma importantes los costos finales obtenidos en este estudio.

## 5 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

**BAJO PÉREZ, V. M.** (Ingeniero Técnico Forestal). *Guía de Maquinaria Forestal*. <http://usuarios.lycos.es/maquinariaforestal/>

**DIÉGUEZ, A.; BARRIO, M.; CASTEDO, F.; RUÍZ, A.D.; ÁLVAREZ, M.F.; ÁLVAREZ, J.G.; ROJO, A.** *Dendrometría*. Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar - Ediciones Mundi-prensa. Madrid, 2003.

**IDAE.** *Plan de Energías Renovables en España 2005-2010*. Madrid, 2003.

**INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.** Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_259.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_259.htm)

**MONTERO, G.; RUIZ-PEINADO, R.; MUÑOZ, M.** *Producción de biomasa y fijación de CO<sub>2</sub> por los bosques españoles*. Monografías INIA: serie forestal, nº 13. MEC. Madrid, 2005.

**MELÉNDEZ, J.M.; DE TORRES, M.** *La biomasa forestal. Su importancia en la provincia de Guadalajara*. Revista Foresta nº 34: 50-57. 2007.

**PLAZA GONZÁLEZ, E.** *Cambio climático: el reto de nuestros bosques en el siglo XXI*. Revista Forestalis nº 9: 36-38. 2007.

**PUIG SALES, R.** *La biomasa como energía renovable. Recuperación de recursos de los residuos*. ERSA, energías renovables s.a. Madrid, 1985.

**TOLOSANA, E., GONZÁLEZ, V.M., VIGNOTE, S.** *El aprovechamiento maderero*. Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar - Ediciones Mundi-prensa. Madrid, 2000.

## **7.- ANEXO**

### **MAQUINARIA EMPLEADA EN LOS TRABAJOS REALIZADOS**



## 1 APEO

### Motosierra

El apeo manual con motosierra se realiza mediante una serie de cortes, con la finalidad de dirigir la caída del árbol. Resulta importante dirigir de forma planificada la caída de los árboles para conseguir que unos se apoyen en otros, ya que al estar los fustes levantados se facilita enormemente la operación de desramado.

### Procesadoras

Su aplicación principal es apear y trocear la parte maderable. También pueden trocear las ramas grandes y copas, para facilitar el posterior trabajo del manejo de residuos. Si los residuos están amontonados en el campo, en su posterior recolección, ya sea para empacar, astillar o desemboscar, la productividad es mayor y el coste menor.



**Fotografía 1:**  
**Procesadora Timberjack**  
**870 B**  
**Fuente:**  
<http://www.impex-forstmaschinen.de/gebrauchtmachines.htm>

**Fotografía 2: Procesadora**  
**Timberjack 1270**  
**Fuente:**  
<http://www.impex-forstmaschinen.de/gebrauchtmachines.htm>



### Cabezal de apeo múltiple (Feller Buncher Waratah EH 220) sobre Portante Procesador



La cortadora - apiladora (feller-buncher) es una máquina automóvil cuya función es el apeo de árboles y el apilado de éstos en fajos o pilas de cierto número de unidades.

**Fotografía 3:**  
**Cabezal de apeo múltiple s/**  
**Portante Procesador**

La cortadora-apiladora con cabezal en punto de grúa, no necesita situarse en la base del árbol para apearlo, sino que basta colocarse a una distancia de entre seis y catorce metros (alcance de la grúa). Su procedimiento operativo consiste en el posicionamiento de la máquina a esta distancia del árbol, en una posición estable, y la aproximación, por medio de la grúa, del cabezal al árbol, situándolo en su base con las garras abiertas alrededor del fuste. Tras el cierre de las garras de sujeción alrededor del árbol, el elemento de corte actúa y lo apea. Una vez cortado el árbol, la máquina lo levanta con la grúa ligeramente y lo voltea, depositándolo finalmente en el suelo. El maquinista vuelve a dirigir la grúa a otro árbol y, tras apearlo, lo coloca sobre el anterior, formando la pila. De esta forma, la máquina tala y apila los árboles situados dentro del radio de acción de la grúa sin necesidad de moverse.

El elemento característico de estas máquinas es el cabezal de corte, con el que se realiza el apeo. Es un dispositivo formado por una o varias garras de sujeción del árbol y por un elemento de corte.

- **Garras:**

Las garras son dos piezas robustas de acero, de forma curvada para adaptarse al tronco del árbol. Están situadas en un plano horizontal, con un extremo sujeto a una articulación que les permite moverse en su plano, aproximándose entre sí



ambas garras (cierre) o separándose (apertura). Estos movimientos los proporcionan dos émbolos de accionamiento hidráulico.

- Elemento de corte:

El corte se realiza mediante cizallas. Este elemento de corte está formado por dos cuchillas que giran en sentidos opuestos alrededor de un pasador común.



**Fotografía 4: Cabezal de apeo múltiple (garras y elemento de corte)**

## 2 SACA

Autocargador forestal Timberjack, modelo 1210 B

Los autocargadores son utilizados para realizar el desembosque de los materiales, ya sean maderables o con destino energético. Generalmente, este medio de saca se usa junto con otros equipos como una cosechadora de cabezal procesador.

Los órganos de trabajo en todos los autocargadores son la caja de carga y la grúa. El elemento de trabajo activo de un autocargador es la grúa de carga. Está formada por tres elementos principales: el brazo de grúa, el rotator y la grapa. El sistema es accionado desde el habitáculo por medio de un sistema hidráulico.



**Fotografía 5: Autocargador forestal Timberjack 1210 B**



**Fotografía 6: Grúa del autocargador acopiando material**

**Tabla 6**

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS	
Potencia nominal	174 CV 128 KW
Motor	Perkins 1006
Peso (kg.)	15.000
Carga útil (kg.)	12.000

### 3 AGRUPADO

#### Tractor de ruedas adaptado

Se considera tractor a todo vehículo automóvil provisto de ruedas o cadenas, con disposición, al menos, de dos ejes, y cuya característica esencial reside en su potencia de tracción. Los tractores universales o de tipo normal, disponen de ruedas neumáticas, siendo motriz y de mayor dimensión el par trasero. Las

operaciones básicas que puede realizar un tractor de ruedas son: de traslado, de arrastre, de empuje, suministro de fuerza o accionamiento, de arrastre y accionamiento y de traslado y accionamiento.

Estas operaciones, salvo las primeras, que las puede realizar por sí solo, el tractor las efectúa asociándolo con un apero, útil o máquina que en su desplazamiento ejecuta un trabajo concreto, como transportar, labrar el terreno, abonar, sembrar, recolectar, abrir zanjas, nivelar un terreno, operaciones de carga y descarga, etc.



**Fotografía 7: Tractor agrícola de ruedas adaptado para el agrupado de troncos**

#### Tractor de orugas adaptado Fiat, modelo 72-85 M R-6

El tractor de orugas Fiat (60-70 CV), al que se le acopla una grapa especial de dos dientes con dos uñas cada uno (cuatro dientes en total), realiza la recogida de modo que, con la grapa abierta, los dientes inferiores (más cortos) empujan el material reuniéndolo y, cuando reúne un montón considerable, lo agarra con los dientes



superiores, abrazándolo y trasladándolo a una zona accesible por la empacadora o astilladora.

En un mismo viaje de carga, dicho tractor puede coger restos de distintos lugares, peinando la zona abriendo y cerrando la grapa constantemente. Es decir, puede recoger material de una zona e ir a otra zona antes de descargar, volver a abrir la grapa y empujar tanto el material que ya llevaba como el existente en la nueva zona, cerrando la grapa cuando ha recogido suficiente material y llevándolo a la zona accesible, formando cordones.



**Fotografía 8: Tractor de orugas FIAT**



**Fotografía 9:  
Traslado de los restos a  
zona accesible para  
empacadora o astilladora**

#### **4 EMPACADO**

Empacadora Forestpack, modelo TEC 1

La empacadora Forestpack TEC 1 empaqueta residuos leñosos, consiguiendo homogeneizar el material, haciéndolo transportable y

almacenable para su futura utilización. Gracias al trabajo de la empacadora, se reducen los costes de transporte y el espacio de almacenamiento del mismo.



**Fotografía 10:**  
**Empacadora**  
**Forestpack TEC 1**

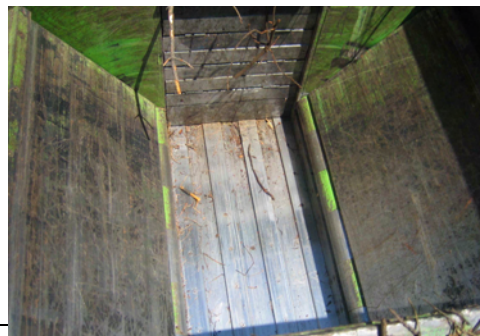
**Tabla 7**

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS	
<b>Motor</b>	CAT C9 300 CV
<b>Medidas</b>	Largo: 8.725 mm. Ancho: 2.720 mm. Alto: 3.480 mm.
<b>Peso</b>	18.000 kg
<b>Número de ejes</b>	2
<b>Tracción</b>	4 x 4



**Fotografía 11: Grapa de la empacadora**

El sistema de la empacadora Forestpack TEC 1 está basado en la introducción del material en una cámara y el prensado de ésta mediante un pistón hidráulico. Con ella, se puede llegar a conseguir una



densidad de material de hasta 0,7 t/m<sup>3</sup>.

**Fotografía 12: Cámara donde se realiza el prensado del material**



**Fotografías 13 y 14: Introducción y salida del material empacado**



**Fotografías 15 y 16: Recogida pacas salidas de la empacadora para su almacenamiento**

**Tabla 8**

DIMENSIONES DE UNA PACA	
Ancho	700 mm.
Alto	1.000 mm.

<b>Largo</b>	Opcional
<b>Peso</b>	Entre 300 y 700 kg. (en función del material y su estado)

## 5 ASTILLADO

Astilladora Jenz HEM 561 Z remolcada por tractor de ruedas Deutz-Fahr con grúa Jonsered



**Fotografía 17:**  
**Astilladora Jenz HEM 561 Z**  
**remolcada por tractor de**  
**ruedas Deutz-Fahr con grúa**

**Jonsered**

Con el astillado se consigue aumentar la densidad del residuo, facilitando su secado natural y economizando en su transporte.

Las astilladoras se pueden clasificar según su sistema de tracción que, a su vez, está relacionado con el tamaño y capacidad de proceso.

- Astilladoras estáticas.

Son equipos fijos que pueden procesar una gran cantidad de biomasa por hora (cerca de 200.000 kg/h). Generalmente están localizadas en industrias transformadoras de madera o plantas de tratamiento de residuos leñosos.

- Astilladoras semimóviles.

Son equipos de grandes dimensiones con ruedas, desplazados a las explotaciones para realizar el astillado en campo. Pueden procesar gran cantidad de biomasa en poco tiempo, hasta 100.000 kg/h (árboles enteros, sarmientos, etc.)



- Astilladoras móviles.

Por su reducido tamaño tienen gran facilidad de acceso a las explotaciones forestales y agrícolas.

- Astilladoras remolcadas:

Son de tamaño pequeño, remolcadas y accionadas mediante la toma de fuerza de un tractor. Pueden procesar entre 1.000 y 10.000 kg/h.

- Astilladoras autopropulsadas:

Son equipos de mayor dimensión, con tracción autónoma y con producciones que van de 5.000 a 20.000 kg/h.

#### 5.1.1 Astilladora Jenz HEM 561 Z

El astilladora Jenz HEM 561 Z puede trabajar con fracción vegetal y troncos de árboles con un diámetro de hasta 56 cm. Astillando, la máquina alcanza un rendimiento de hasta 120 m<sup>3</sup>/h, dependiendo del material y de la potencia de accionamiento del tractor.



**Fotografía 18:**  
**Astilladora Jenz HEM 561Z**





**Fotografía 19: Astilladora descargando el material sobre un contenedor**



**Fotografía 20: Boca de entrada de la astilladora**

**Tabla 9**

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS	
Potencia de accionamiento	Toma de fuerza a partir de aprox. 132 kW / 180 CV hasta 235 kW / 320 CV como máx.
Adecuado para gruesos de material	Madera blanda, matorral: 56 cm. Madera dura: 45 cm. Rendimiento: hasta 120 m <sup>3</sup> /h
Dimensiones boca de entrada	650 mm x 990 mm
Diámetro del rotor	820 mm
Cantidad de cuchillas	10, opcionalmente 20
Dimensiones	Longitud: aprox. 5,85 m sin pluma. Anchura: aprox. 2,55m. Altura: aprox. 3,85 m.
Peso / versión estándar	9.800 kg

<b>Descarga del material</b>	Rueda centrífuga, opcionalmente cinta transportadora
<b>Depósito</b>	15 m <sup>3</sup>

#### 5.1.2

#### 5.1.3 Tractor de ruedas Deutz-Fahr, modelo Agrottron 215

Tabla 10



**Fotografía 21: Tractor de ruedas Deutz-Fahr, modelo Agrottron 215**

<b>PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>Potencia nominal (CV)</b>	211
<b>Potencia máx. (CV)</b>	227
<b>Número de cilindros (T=Turbo)</b>	6 T
<b>Número de velocidades (V/R)</b>	40 / 40
<b>Cambio bajo cargas</b>	4 marchas
<b>Toma de fuerzas (l/min)</b>	750 / 1.000
<b>Capacidad de elevación (máx kg.)</b>	10.500
<b>Peso en vacío (kg.)</b>	8.410
<b>Eje delantero con suspensión</b>	Opcional

#### 5.1.4 Grúa Jonsered, modelo 520 T82



**Fotografía 22: Grúa Jonsered, modelo 520 T82**



**PROCESO DE  
ALIMENTACIÓN DE  
LA ASTILLADORA  
CON GRÚA**





Camión con contenedor



**Fotografía 23: Descarga de astillas sobre contenedor**

Tractor John Deere 6920 con remolque



**Fotografía 24: Tractor John Deere 6920 con remolque**

**Tabla 11**

<b>PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>Velocidad del motor clasificada</b>	2100 rpm
<b>Energía, ECE-R24 a la velocidad clasificada (con la impulsión de ventilador viscoso)</b>	110 KW 150 CV
<b>Máx. Energía, ECE-R24</b>	119 KW 162 CV
<b>Energía, (97/68EC) a la velocidad clasificada (sin el ventilador)</b>	114 KW 155 CV
<b>Máx. Energía, (97/68/EC)</b>	122 KW 166 CV
<b>Número de cilindros (T=Turbo / I =Intercooler)</b>	6 T I
<b>Válvulas por cilindro</b>	4
<b>Capacidad de elevación (máx kg.)</b>	8.565

## 6 TRANSPORTE

### Camiones de transporte

En el transporte forestal, los medios más empleados son la carretera y el ferrocarril, considerándose el ferrocarril más importante para distancias largas y la carretera para cortas. En Europa, se emplea el camión hasta un límite de 200 km, aunque hay situaciones en que las carencias de infraestructura ferroviaria fuerzan su empleo hasta los 700 km.

El transporte por carretera está bien adaptado en general a las distancias cortas, porque los camiones pueden llevar la madera de origen a destino directamente sin transbordos. Para distancias largas, juega un papel fundamental la posibilidad de encontrar retornos de otros materiales, es decir, que la madera pueda transportarse en el camino de vuelta de un viaje con otra carga, evitándose así que el camión regrese vacío.

**Serie Forestal:**

Nº 1.- El Pinus nigra Arn, en la Serranía de Cuenca: Estudio sobre la regeneración natural y bases para su gestión.

Nº 2.- Estudio sobre la influencia de la intensidad de poda en Pinus halepensis Mill sobre diversos parámetros morfológicos, fisiológicos y biológicos.

Nº 3.- Gestión Forestal Sostenible en Castilla-La Mancha.

Nº 4.- Repoblación Forestal: Forestación de Tierras Agrarias.

Nº 5.- Plan de Aprovechamiento de la Masa Forestal Residual de Castilla-La Mancha: Experiencias del primer año de Gestión.

