

## RENDIMIENTOS Y COSTES DE DIFERENTES APROVECHAMIENTOS DE LA BIOMASA FORESTAL Las experiencias en curso en Castilla y León

### AUTORES:

Eduardo Tolosana Esteban  
Yolanda Ambrosio Torrijos  
Rubén Laina Relano  
Rocío Martínez Ferrari  
Félix Pinillos Herrero



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID y CESEFOR  
Contacto: eduardo.tolosana@upm.es

### OPORTUNIDADES Y AMENAZAS PARA LA BIOMASA:

Experiencia en el sector del tablero

Ministerio de Medio Ambiente (Madrid), 4 de junio de 2007



Fundación Biodiversidad

UNIÓN EUROPEA

Fondo Social Europeo



## PRINCIPALES SISTEMAS DE TRABAJO PARA APROVECHAMIENTO INTEGRAL O INTEGRADO DE BIOMASA FORESTAL

-**SISTEMA DE TRABAJO 1** (Clareos – entresacas de masas no comerciales - : Procesadora multiárbol, saca de árbol completo y astillado o triturado fijo – en cargadero -)

-**SISTEMA DE TRABAJO 2** (Cortas a hecho u otras finales: saca de restos y astillado o triturado fijo – en cargadero -)

- **SISTEMA DE TRABAJO 3** (Cortas a hecho u otras finales: astillado móvil – en monte -)

-**SISTEMA DE TRABAJO 4** (Cortas a hecho o de cierto peso: empacado y astillado en fábrica)

- **SISTEMA DE TRABAJO 5** (Extracción de tocones, pretriturado y, en su caso, triturado fijo – en cargadero – o transporte y preparación en fábrica)

### ESQUEMA DE TRABAJO 1 (CLAREOS, APROVECHAMIENTO INTEGRAL)

- Apeo con cosechadora multiárbol de árboles de pequeño tamaño (excepcionalmente con motosierra si son muy pequeños).
- Desembosque en autocargador de árboles completos o "partes de árbol" y apilado para presecado en cargadero.
- Astillado o triturado "fijo" en cargadero, generalmente sobre contenedor o con astilladora/trituradora incorporada en camión.



## SISTEMA DE TRABAJO 1: POSIBILIDADES DE APLICACIÓN EN ESPAÑA

### TIPOS DE CORTA DE POSIBLE APLICACIÓN

- RESALVEOS DE ESPECIES SIN APROVECHAMIENTO COMERCIAL, ESPECIALMENTE QUERCINEAS
- CLAREOS DE ESPECIES COMERCIALES (PINOS, HAYAS,..)
- CLARAS SOBRE ESPECIES COMERCIALES, EN COMPETENCIA CON USOS CONSOLIDADOS (INDUSTRIAS DE TRITURACIÓN)

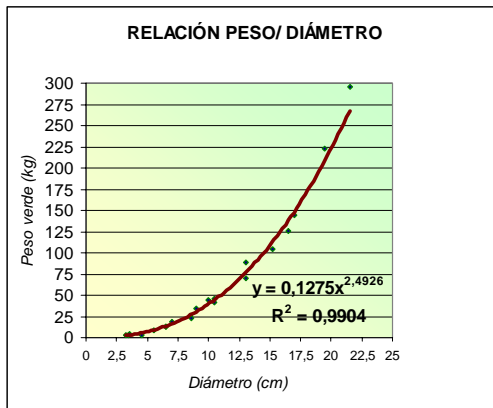
### MAQUINARIA EXISTENTE

- NO HAY MULTITALADORAS, AUNQUE EXISTE ALGÚN CABEZAL ANTIGUO Y POSIBILIDAD DE ADAPTAR CABEZALES CONVENCIONALES, SIN DEMASIADO RENDIMIENTO. UNA EMPRESA DE CASTILLA Y LEÓN ACABA DE ADQUIRIR UNO, AÚN NO HA LLEGADO A ESPAÑA.
- EXISTEN AUTOCARGADORES CONVENCIONALES, SE PODRÍAN USAR SIN ADAPTAR, SERÍA POSIBLE TAMBIÉN ADAPTARLOS PARA AUMENTAR LA LONGITUD Y/O ANCHURA DE LA CAJA EN ALGÚN CASO

## SISTEMA DE TRABAJO 1: EXPERIENCIAS RECIENTES EN ESPAÑA (Junta de Castilla y León, U.P.M. y Cesefor)

### 1.a: RESALVEO EN MASAS DE REBOLLO (*Q. Pyrenaica*) en los montes Valsemana y Los Corrales (León) en octubre y noviembre de 2006

Resalveo fuerte sobre masas con diámetros medios de masa extraída de alrededor de 10 cm, en que se extrajeron más de 50 t verdes de astilla por ha.



*Empresas ejecutantes: Maderas Rubial y Logística Florestal*

- Apeo con cosechadora Timberjack convencional de 165 CV con cabezal adaptado mediante "uña" adicional al trabajo como "multitalador".

-Desembosque con autocargador convencional Timberjack 1410D

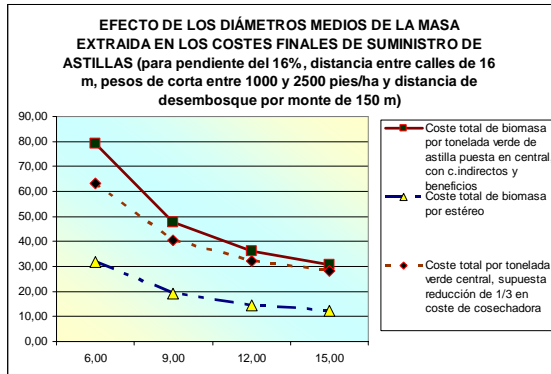
-Astillado en cargadero con astilladora sobre camión Pezzolato 900/1000 cargando "bañeras" de 45 estéreos

-Astilla de buena calidad, con un 42% de humedad, densidad verde de 400 kg/estéreo, poder calorífico en base seca de 4225 KCal/kg y buen tamaño y homogeneidad



## CONCLUSIONES EN CUANTO A RENDIMIENTOS Y COSTES

- Los principales factores sobre el rendimiento y el coste fueron los diámetros de la masa extraída, la capacidad de carga del medio de saca, la distancia de desembosque y la separación entre calles, siendo el principal factor el primero
- El coste estimado en esta experiencia fue de 54 € por t verde puesta en fábrica situada a 100 km, incluyendo beneficio industrial y costes indirectos pero no retribución a la propiedad. Se estima que si se hubiera mejorado la tecnología (multitalador ligero de cizalla) se podría haber reducido a 40 €/t



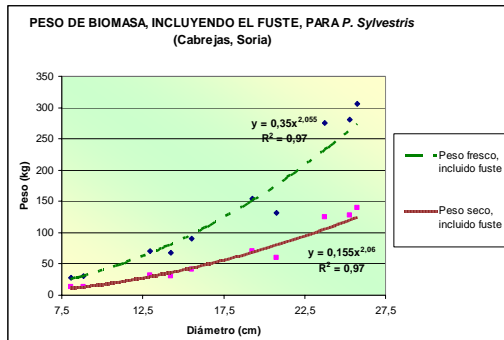
- Se identificaron aspectos logísticos (dimensionamiento de equipos, transporte, dimensionamiento y normas de disposición de pilas y cargaderos, etc.) de vital importancia para la futura práctica empresarial y de gestión.
- Se realizaron análisis completos de la astilla obtenida en el Laboratorio de Combustibles de León (Larecom)

## SISTEMA DE TRABAJO 1: EXPERIENCIAS RECIENTES EN ESPAÑA (Junta de Castilla y León, U.P.M. y Cesefor)

### 1.b: CLARA EN MASA REPOBLADA DE PINO ALBAR (*P. Sylvestris*) en monte de Cabrejas del Pinar (Soria), en octubre y noviembre de 2006

Clara fuerte (35% del área basimétrica incluyendo fracción extraída en calles) con diámetros medios de masa extraída de 14,6 cm, en que se extrajeron 47 t verdes de astilla por ha. Aprovechamiento por árbol completo + triturado fijo

Empresa ejecutante: Triturados Montero



- Apeo y, en los pies más altos, tronzado, con cosechadora Valmet 911 con cabezal convencional.
- Desembosque con autocargador convencional Valmet 910
- Triturado en cargadero con trituradora automóvil Willibald ESU 4800, depositando triturado en suelo para carga posterior de camiones de piso móvil y 90 estéreos con cargador telescópico ligero Manitou
- Triturado peor (56,2% H, PCI 4568 s/ base seca, más gruesos y finos)



### **CONCLUSIONES EN CUANTO A RENDIMIENTOS Y COSTES**

- Los principales factores sobre el rendimiento y el coste fueron los diámetros de la masa extraída (en este caso, elevados), la capacidad de carga del medio de saca y la distancia de desembosque.
- El coste potencial estimado en esta experiencia fue de 34,2 € por t verde puesta en fábrica – de tableros - situada a 40 km, incluyendo beneficio industrial y costes indirectos pero no retribución a la propiedad.

	COSTE HORARIO, €/HORA DE TRABAJO EFECTIVO	TIEMPO DE TRABAJO EFECTIVO POR UNIDAD (m <sup>2</sup> , t)	PRODUCTIVIDAD (Unidades/hora de trabajo efectiva y por jornada)	COSTE UNITARIO (€/unidad producida, m <sup>3</sup> o tonelada verde)
APEO Y TRONZADO CON COSECHADORA FORESTAL	70,56 €/h	949 cmin/t	6,32 t/h y 45,15 t/día	11,16 €/t
DESEMBOSQUE ÁRBOLES COMPLETOS EN AUTOCARGADOR	53,96 €/h	917 cmin/t	6,54 t/h y 46,72 t/día	8,25 €/t
TRITURACIÓN FIJA CON WILLIBALD Y CARGADOR TELESCÓPICO	102,26 €/h	191 cmin/t	31,64 t/h y 189,84 t/día	3,23 €/t
TRANSPORTE A FÁBRICA, PISO MÓVIL DE 90 est.				4,00 €/t

- Se identificaron aspectos logísticos y de organización (dimensionamiento de equipos, idoneidad de los medios transporte si hay buenos accesos, inadecuación de la tecnología de triturado a esa materia prima, dimensionamiento y normas de disposición de pilas y cargaderos, etc.) de importancia para la práctica empresarial y de gestión.
- Se realizaron análisis completos del triturado en el Laboratorio de Combustibles de León (Larecom)

### **Costes en el ESQUEMA DE TRABAJO 1 (CLAREOS)**

- Extracción: 8,25 €/t
- Astillado: 11,55 €/t
- Resto (Apeo y apilado , en su caso, retribución de materia a propiedad: 13,20 €/t (siempre verde) (SYDVED, 2005)



- Es **más caro que otros sistemas** por el menor tamaño de los materiales a manipular, el carácter selectivo que hace más delicadas las operaciones y, sobre todo, la menor producción por hectárea (Equivalente a 30-50 MWh/ha, según VTT, 2005)
- Perspectivas: ante el aumento de la demanda de biomasa, operaciones antes poco comunes están entrando en rentabilidad: en 2005, había en Suecia 20 unidades de cosechadora múltiple, con tendencia a aumentar

### **ESQUEMA DE TRABAJO 2 (RESIDUOS DE CORTAS A HECHO, ASTILLADO O TRITURADO FIJO)**

- Fundamental separación durante aprovechamiento, se deja el residuo concentrado. En estas cortas, la media es de 100 MWh/ha
- Desembosque en autocargador, a veces con compresor (tipo llamado *Havu-Hukka* en Finlandia) o con remolque de gran capacidad – con teleros que aumentan su ancho y altura -)
- Pre-secado en cargadero o borde de pista
- Astillado “fijo” en cargadero, generalmente sobre contenedor o con astilladora incorporada en camión.



## SISTEMA DE TRABAJO 2: POSIBILIDADES DE APLICACIÓN EN ESPAÑA

### TIPOS DE CORTA DE POSIBLE APLICACIÓN

- CORTAS A HECHO O CASI DE PINARES (GALICIA, PAÍS VASCO, SORIA Y BURGOS, SEGOVIA...)
- CORTAS A HECHO DE EUCALIPTO (CORNISA CANTÁBRICA, OESTE DE ANDALUCÍA)
- CORTAS A HECHO DE CHOPOS (VARIAS CUENCAS, ESPECIALMENTE DUERO, ZONAS DEL EBRO, ÁREA DE GRANADA, ...)

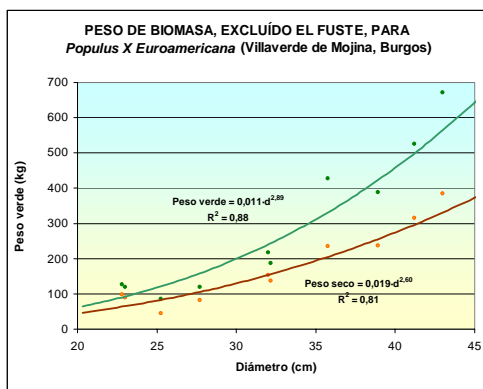
### MAQUINARIA EXISTENTE

- HAY ESCASAS TRITURADORAS SOBRE CAMIÓN – *DOPPSTADT* - EN PINARES DEL INTERIOR (INDUSTRIA DE TABLEROS), LAS EMPRESAS DE CELULOSA DE EUCALIPTO TIENEN EN PROYECTO ADQUIRIR UNA ASTILLADORA, MIENTRAS QUE LAS DE CHOPO SE INCLINAN POR EL ASTILLADO "MÓVIL" (ERJO SOBRE AUTOCARDOR, PEZZOLATO ACOPLABLE A TRACTOR AGRÍCOLA).
- EN CASTILLA Y LEÓN, EXISTE UN PROTOTIPO DE TRITURADORA-RECOLECTORA PARA RESTOS DE PINO (RAMÓN MARINERO), HAY VARIOS REMATANTES CON PROYECTOS DE COMPRA DE ASTILLADORAS SOBRE CAMIÓN.
- ES UN ESQUEMA HABITUAL EN PORTUGAL, PARA CORTAS FINALES DE PINASTER Y EUCALIPTO. HAY ASTILLADORAS Y TRITURADORAS SOBRE CAMIÓN, DOMINAN MODELOS *PEZZOLATO* Y *WILLIBALD*.

## SISTEMA DE TRABAJO 2: EXPERIENCIAS RECIENTES EN ESPAÑA (Junta de Castilla y León, U.P.M. y Cesefor)

### 2.a: CORTA A HECHO DE CHOPERA EN VILLAVERDE DE MOJINA (Burgos) en octubre de 2006

Corta a hecho de chopos (263 pies/ha) con diámetro medio de 38 cm, en que se extrajeron 106,1 t verdes de restos por ha, procedente de ramas y hojas, correspondientes a 319 m<sup>3</sup> de madera por hectárea .



*Empresa ejecutante: Infoyma*

- Apeo con motosierra y con apoyo puntual de cargadora frontal
- Desramado con motosierra
- Concentración de madera con pala cargadora frontal, seguida de tronzado, con motosierra, clasificación y carga en camión con su propia grúa
- Agrupamiento de residuos con la cargadora de horquillas.
- Astillado de restos con astilladora de tambor Kesla, remolcada con tractor Agrícola, siempre que se pudo sobre camión.
- Astilla de calidad intermedia



## CONCLUSIONES SOBRE RENDIMIENTOS Y COSTES EN LA EXPERIENCIA

- Los principales factores sobre el rendimiento en la experiencia concreta fueron de tipo logístico y por falta de experiencia del personal. Se estima que el rendimiento se podría aumentar sobre los registrados. Los principales factores operativos fueron la **necesidad de evitar el arrastre de piedras** o arena al acumular los residuos y los problemas debidos al **manejo de medios de transporte con el suelo húmedo**, que ha llevado a emplear esquemas móviles con pre-concentración de la biomasa, pero transporte intermedio de la astilla a un cargadero centralizado de buenas condiciones para los medios de transporte de gran capacidad.

	Coste horario €/h trabajo efectivo	Tiempo de trabajo efectivo por unidad (m <sup>3</sup> , t)	Productividad (unidades/h trabajo efectiva y por jornada)	Coste unitario (€/unidad producida)
Apeo, desramado. Tronzado y repaso de desrame en cargadero con motosierra.	18 €/h (+ parte prop. tractor)	1345 cmin/m <sup>3</sup>	4,46 m <sup>3</sup> /h 44,56 m <sup>3</sup> /d	4,44 €/m <sup>3</sup> (madera)
Desembosque de fustes	50,4 €/h	748,12 cmin/m <sup>3</sup>	12,48 m <sup>3</sup> /h 118,56 m <sup>3</sup> /d	4,04 €/m <sup>3</sup> (madera)
Apilado de residuos		140,02 cmin/m <sup>3</sup> aparente	87,7 m <sup>3</sup> aparente/h 72,8 m <sup>3</sup> aparente/d	0,57 €/m <sup>3</sup> aparente (astillas)
Astillado fijo	75,7 €/h	3.529,41 cmin/m <sup>3</sup> aparente	14 m <sup>3</sup> aparente/h 112 m <sup>3</sup> aparente/d	5,41 €/m <sup>3</sup> aparente (astillas)
Transporte a fábrica, biomasa			---	----

- El coste estimado es, supuesto transporte (piso móvil) a 100 km de 7,0 €/t, de **40,9 € por t verde en fábrica**, incluyendo beneficio y costes indirectos pero no pago a la propiedad.

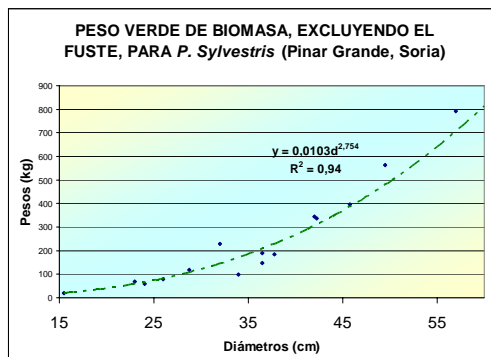
- La tecnología de astillado es adecuada, pero es conveniente para estas dimensiones una mayor potencia.

- Astillas mucho menos densas que en el rebollo (240 kg/m<sup>3</sup>), con 45,5% H, PCI s/base seca de 4331 KCal/kg y granulometría mejor que el triturado pero peor que astilla de roble

## SISTEMA DE TRABAJO 2: EXPERIENCIAS EN CURSO EN ESPAÑA (Junta de Castilla y León, U.P.M. y Cesefor)

### 2.b: CORTA A HECHO DE PINO ALBAR (*P. sylvestris*) en el monte "Pinar Grande" (Soria), en curso en la actualidad (mayo 2007)

Está en curso el seguimiento de una corta a hecho de *P. sylvestris* en que se está cronometrando las labores de apeo y arrastre, procurando que se ejecuten para favorecer la posterior concentración de los restos.



-El objetivo es comparar los rendimientos, costes, calidad de la astilla, etc... en esquemas de astillado fijo – en cargadero (Sistema de trabajo 2) – y móvil (Sistema de trabajo 3) .  
Empresas ejecutantes: *Maderas María y Garnica Plywood*

- Apeo con motosierra, procurando la concentración de los restos y extracción con *skidder* procurando no contaminar la biomasa con arena
- Concentración de los restos con tractor con remolque y grúa – preparando astillado móvil – o extracción a Cargadero para astillado fijo

## **Costes del ESQUEMA DE TRABAJO 2 (RESIDUOS DE CORTAS A HECHO, ASTILLADO O TRITURADO FIJO)**

• Se considera el **esquema más económico en montes grandes**, es también el que mejor se adapta al mal tiempo invernal (se puede sacar el residuo y el astillado es a borde de pista). Según Sydved (2005), una referencia de costes podría ser la siguiente:

- Extracción: 6,55 €/t
- Astillado: 13,55 €/t
- Resto (Apilado residuo y, en su caso, retribución de madera en pie): 13,10 €/t (siempre verde)

• Según otras fuentes, costes totales sin contar madera en pie de 8.4 €/MWh frente a 12.8 €/MWh en clareos. (VTT, 2005)



## **ESQUEMA DE TRABAJO 3 (RESIDUOS DE CORTAS A HECHO, ASTILLADO MÓVIL)**

- Fundamental la separación adecuada durante el aprovechamiento, se deja el residuo en lo posible concentrado
- Presecado del residuo en monte, astillado con astilladora remolcada por tractor agrícola o preferentemente integrada en autocargador.
- Desembosque en el propio vehículo de astillado o en un vehículo auxiliar con remolque (*shuttle*) si las distancias de saca son mayores – montes grandes -
- Descarga en contenedores para transporte en camión



## SISTEMA DE TRABAJO 3: POSIBILIDADES DE APLICACIÓN EN ESPAÑA

### TIPOS DE CORTA DE POSIBLE APLICACIÓN

- CORTAS A HECHO O CASI DE PINARES (GALICIA, PAÍS VASCO, SORIA Y BURGOS, SEGOVIA...) EN MONTES PEQUEÑOS – DIFÍCIL ENCONTRAR CARGADEROS, MAYOR COSTE FIJO TRANSPORTE DE MÁQUINAS-.
- CORTAS A HECHO DE EUCALIPTO (CORNISA CANTÁBRICA, OESTE DE ANDALUCÍA) EN LAS MISMAS CONDICIONES
- CORTAS A HECHO DE CHOPOS (VARIAS CUENCAS, ESPECIALMENTE DUERO, ZONAS DEL EBRO, ÁREA DE GRANADA, ...)

### MAQUINARIA EXISTENTE

- HAY ALGUNAS ASTILLADORAS MÓVILES (*BRUKS* DE FORESTAL DE EXTRECCAS, *ERJO* SOBRE AUTOCARGADOR O *PEZZOLATO* SOBRE TRACTOR AGRÍCOLA ADQUIRIDAS POR LAS INDUSTRIAS DE CHOPO)
- ESTAS MÁQUINAS SE EMPLEAN CON FRECUENCIA ASTILLANDO EN MONTE PERO NO SE USAN PARA EL DESEMBOSQUE DE ASTILLAS, PARA LO QUE SE RECURRE A VEHÍCULOS “LANZADERA” AUXILIARES.

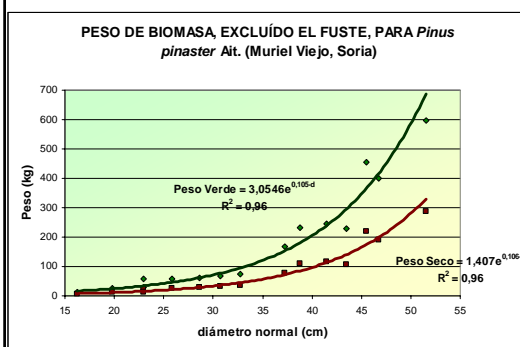
## SISTEMA DE TRABAJO 3: EXPERIENCIAS RECIENTES EN ESPAÑA (Junta de Castilla y León, U.P.M. y Cesefor)

### 3.a: CORTA A HECHO DE PINO NEGRAL (*P. Pinaster*) en los montes del T.M. de Muriel Viejo (Soria), octubre de 2006

Corta a hecho de masa madura de pinaster con diámetro medio de alrededor de 37 cm, en que se produjeron 40,3 t verdes de restos por ha.

*Empresa ejecutante: Recolecciones Forestales S.A.*

- Apeo con cosechadora Timberjack convencional de 165 CV con cabezal adaptado mediante “uña” adicional al trabajo como “multitalador”.
- Desembosque con autocargador convencional Timberjack 1410D
- Previsto astillado móvil con astilladora sobre autocargador Bruks cargando contenedores de 35 est.
- No se pudo contar con la astilladora por avería, se estiman los costes en base a los resultados de las experiencias del CIS-Madera (Piñero, 2002)





### **CONCLUSIONES SOBRE RENDIMIENTOS Y COSTES EN LA EXPERIENCIA**

- La elaboración mecanizada, adecuada para evitar riesgos y mejorar costes para esta madera gruesa, permite agrupar adecuadamente – sin pérdidas de rendimiento reseñables - los restos para dejar libres las futuras “calles” y, mediante su concentración en cordones, favorecer su recolección en un esquema de astillado móvil.
- Es importante evitar que los vehículos de desembosque de la madera pisen y contaminen de barro o piedras los restos.

	Coste horario, €/htrabajo efectivo	Tiempo de trabajo efectivo por unidad (m <sup>3</sup> , t)	PRODUCTIVIDAD (unidades/htrabajo efectiva y jornada)	COSTE UNITARIO (€/unidad producida)
Ápeo con motosierra	12,6 €/h	162 cmin/m <sup>3</sup>	37,1 m <sup>3</sup> /h 278 m <sup>3</sup> /d	0,34 €/m <sup>3</sup>
Procesado	73,8 €/h	214,2 cmin/m <sup>3</sup>	28,01m <sup>3</sup> /h 210 m <sup>3</sup> /d	2,63 €/m <sup>3</sup>
Desembosque madera	54,0 €/h	454,5 cmin/m <sup>3</sup>	13,2 m <sup>3</sup> /h 99 m <sup>3</sup> /d	4,09 €/m <sup>3</sup>
Astillado móvil	123,4 €/h	570,7 cmin/ton	10,7 ton/h 80,3 ton/d (CIS-MADERA, 2002)	11,53 €/ton
Transporte a fábrica, madera			-- m <sup>3</sup> /h -- m <sup>3</sup> /d	-- €/M3
Transporte a fábrica, astillas			--Ton/h -- ton/d	-- €/Ton

-El coste estimado en esta experiencia, admitiendo los valores de rendimiento referidos por Piñero *et al* (2002) es, incluyendo transporte en contenedores o “bañeras” a 40 km (9,8 €/t), de 27,4 € por t verde puesta en fábrica, incluyendo beneficio industrial y costes indirectos pero no retribución a la propiedad.

### **SISTEMA DE TRABAJO 3: EXPERIENCIAS EN CURSO EN ESPAÑA (Junta de Castilla y León, U.P.M. y Cesefor)**

#### **3.b: CORTAS A HECHO DE CHOPERAS EN ANDALUCÍA (GRANADA) Y CASTILLA Y LEÓN (ensayos en curso en la actualidad – mayo de 2007-)**

- Se están planteando experiencias de seguimiento y cronometraje en experiencias de astillado móvil o semi-fijo con las dos tecnologías citadas: astilladora de potencia moderada acoplada a tractor agrícola y astilladora pesada sobre chasis de autocargador, con diferentes tipos de vehículos lanzadera para extracción de astilla y correspondiendo a:
  - Cortas con apeo manual (con motosierra) y procesado mecanizado en Andalucía y
  - Cortas de apeo y elaboración con motosierra en Castilla y León
- Las empresas colaboradoras serían *Tableros Losán* y *Maderas Calero* en Andalucía y *Garnica Plywood* en Castilla y León



### **COSTES DEL ESQUEMA DE TRABAJO 3 (RESIDUOS DE CORTAS A HECHO, ASTILLADO MÓVIL)**

- Se considera el esquema más económico en montes medianos (**menores costes fijos**). Si se aplica adecuadamente, los costes son similares a los del sistema de astillado fijo, si bien aquel reduce costes claramente en montes grandes.



## ESQUEMAS DE TRABAJO 4: EMPACADO Y ASTILLADO EN FÁBRICA

- Se considera un esquema muy adecuado para **grandes centrales y co-combustión, que tienen radio de abastecimiento grande y son menos exigentes en humedad y presencia de impurezas** que las pequeñas plantas térmicas y que tienen astilladoras en planta.
- La principal ventaja es que **emplea los mismos medios** (autocargadores, camiones) que para la madera, reduciendo problemas logísticos, y que al aumentar la densidad **abarata costes de transporte y manipulación en distancias medias o largas.**



## SISTEMA DE TRABAJO 4: POSIBILIDADES DE APLICACIÓN EN ESPAÑA

### TIPOS DE CORTA DE POSIBLE APLICACIÓN

- CORTAS A HECHO O CASI DE PINARES (GALICIA, PAÍS VASCO, SORIA Y BURGOS, SEGOVIA...) O DE EUCALIPTO (CORNISA CANTÁBRICA, OESTE DE ANDALUCÍA) EN FINCAS PEQUEÑAS, CON ACCESOS COMPLEJOS, ETC., SIEMPRE QUE EL CONSUMIDOR SEA DE TAMAÑO MEDIO O GRANDE Y CON RADIO DE ABASTECIMIENTO AMPLIO

### MAQUINARIA EXISTENTE

- HAY 2 EMPACADORAS *TIMBERJACK*, QUE HAN ESTADO SUB-UTILIZADAS POR EMPRESAS DEL NORTE (ÁLVAREZ FORESTAL, FERÁLAVA...). HAY PLAN DE COMPRA DE UNA O DOS UNIDADES MÁS POR EMPRESAS DEL SECTOR DE LA CELULOSA.
- HAY UNA EMPACADORA DE FABRICACIÓN NACIONAL (TRABISA) MUY INTERESANTE PARA USO EN FIJO

## **Coste de la biomasa forestal residual** **Experiencias prácticas de ANFTA**



<b>MAQUINARIA</b> (€/tm.)	<b>FIBERPAC</b> (chopo)	<b>FIBERPAC</b> (pino)	<b>WOODPAC</b> (pino)	<b>TRABISA</b> (pino)
Pala/Tractor apilador de ramas	3,5	2,3	-	2,5
Empacadora de ramas	25,0	30,0	9,0	10,0
Autocargador	4,5	10,0	6,0	6,0
Camión (distancia a fábrica)	5,0 (50 Km)	5,0 (50 Km)	18,0 (140 Km)	15,0 (110 Km)
<b>TOTAL:</b>	<b>38,0</b>	<b>47,3</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>

Fuente: C. Navarro, 2005

- **Combustible a precio 0, puesto en fábrica entre 33 y 47 €/tm.**
- **Poder calorífico de las ramas al 50% de humedad: 2.500 Kcal/Kg.**
- **Otras experiencias: CENER en Navarra (por ejemplo, con chopo, el empacado supuso 13,55 €/t y, en pino, 19,21 €/t (CENER, 2005)**

### **ESQUEMA DE TRABAJO 4: EMPACADO** **Y ASTILLADO EN FÁBRICA, COSTES**

- Según Asikainen (2004), el coste total sería de 15,6 €/m<sup>3</sup>, incluyendo transporte – 80 km - y astillado en planta. Para una densidad de 450 kg/m<sup>3</sup> (verde), esto supondría 34,67 €/t puesta en planta – costes directos -
- Según Fraysse (AFOCEL, 2005), usando la Timberjack Fiberpack, el coste en un caso estudiado en Finlandia para una caldera que consume 1500 GWh, 300 de ellos de restos forestales en un radio de 140 km, es de 9,5 €/MWh, incluyendo transporte - 85 km -, astillado y costes fijos.



## ESQUEMAS DE TRABAJO 5: EXTRACCIÓN DE TOCONES, PRETRITURADO Y TRITURADO FIJO

- Se evalúa en los países nórdicos como un sistema de mayor coste que los alternativos, justificado en *Picea abies* por la gran producción en peso (más de 90 t/ha) y por la necesidad de tratamiento en algunas masas con problemas sanitarios.
- Se está ampliando su uso por el aumento de demanda en estos países. Se compone de extracción con retro adaptada y pretrituración lenta y a veces trituración previa al transporte tras un periodo de secado-, aunque en ciertos casos se transportan en bruto y los tratan en fábrica desde el principio.
- Normalmente, se consume por clientes grandes que le dan tratamientos secundarios (limpieza, triturado y/o astillado definitivo).



## SISTEMA DE TRABAJO 5: POSIBILIDADES DE APLICACIÓN EN ESPAÑA

### TIPOS DE CORTA DE POSIBLE APLICACIÓN

- CORTAS PARA APERTURA DE INFRAESTRUCTURAS (AUTOVÍAS, AVE,...)
- DESTOCONADO DE EUCALIPTARES CON PROBLEMAS SANITARIOS O CON CAMBIO DE CULTIVO O CLON.
- DESTOCONADO DE CHOPERAS

### MAQUINARIA EXISTENTE

- HAY MÁQUINAS PRETRITURADORAS LENTAS PARA USO NO FORESTAL (ÁRIDOS, RSU). UNA EMPRESA CASTELLANOLEONESA TIENE PLANEADO ADQUIRIR UNA PARA USO FORESTAL (AUTOVÍAS,...)
- HEY CIERTO NÚMERO DE MÁQUINAS DE ESTE TIPO EN PORTUGAL, DONDE SE HAN USADO PARA EUCALIPTARES.
- EN EXPERIENCIAS ESPAÑOLAS EN MONTES GRANDES DE EUCALIPTO PERO CON TOCONES PEQUEÑOS, NO HAN DADO BUEN RESULTADO

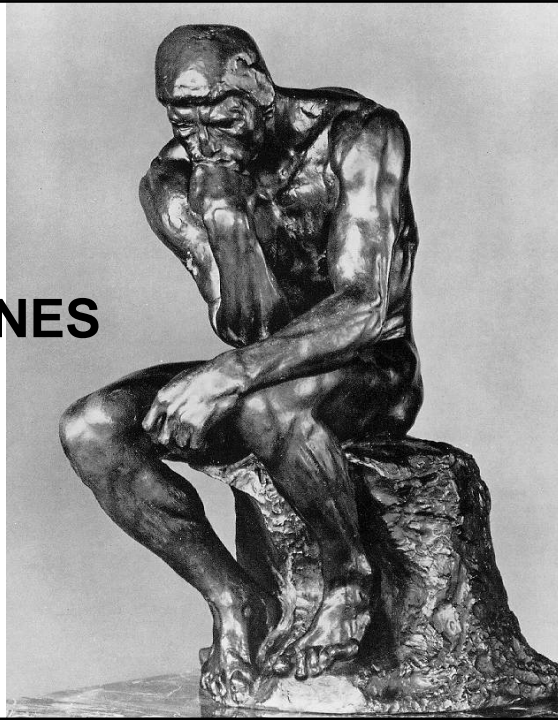


### **ESQUEMA DE TRABAJO 5: EXTRACCIÓN DE TOCONES, PRETRITURADO Y TRITURADO FIJO, COSTES**

- Según Laitila (2006), el coste total de los tocones en fábrica sería de 23,0 €/m<sup>3</sup> sólido, incluyendo transporte – 80 km -. Esto supondría entre 3 y 4 € más que en el caso de los residuos de cortas a hecho, debido a que el coste de arranque de los tocones supone 4 a 6 €/ m<sup>3</sup> sólido – para un volumen por tocón de abeto rojo de 150 a 200 dm<sup>3</sup>-.
- Según el mismo autor, una razón adicional para la economía de este sistema es que ahorra costes de preparación del terreno.
- En suma, se considera que es el sistema de suministro que más crecerá, aunque se considera adecuado para grandes consumidores, por la baja calidad y elevada impureza del combustible.



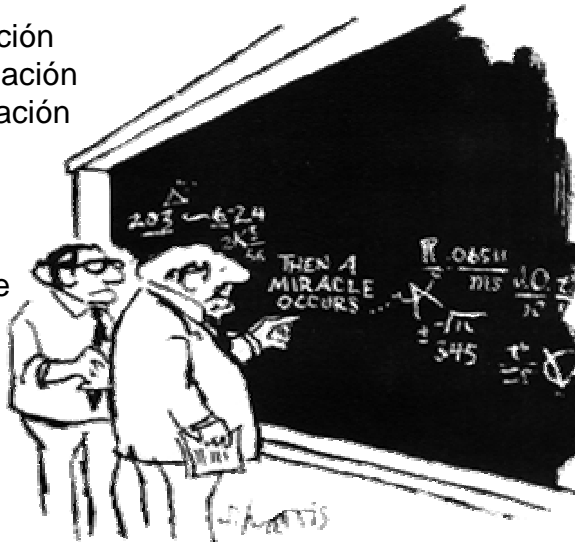
## CONCLUSIONES



- Prestamos mucha atención a los aspectos de evaluación del recurso y transformación energética

- No prestamos suficiente atención al suministro

- Calidad
- Cantidad
- Costes



"I think you should be more explicit here in step two."

## CONCLUSIONES OPERATIVAS

- SON NECESARIAS MÁS EXPERIENCIAS DE INVESTIGACIÓN E INDUSTRIALES PARA LA ADECUACIÓN DE ESTOS SISTEMAS A LA REALIDAD EN ESPAÑA
- ES FUNDAMENTAL ESTUDIAR Y MEJORAR LOS RENDIMIENTOS Y COSTES, BUSCANDO LA OPTIMIZACIÓN Y ORIENTANDO A LOS POTENCIALES EMPRESARIOS SUMINISTRADORES Y A LOS CONSUMIDORES
- LA ELECCIÓN DE SISTEMAS Y MEDIOS DEPENDERÁ DEL MERCADO, LO QUE EN LA SITUACIÓN PRESENTE APORTA INCERTIDUMBRE. CON LA REALIDAD ACTUAL DE MATERIA PRIMA Y COSTES, PARECE RAZONABLE PENSAR EN CONSUMIDORES PEQUEÑOS Y MEDIOS, FUERA DE LA PROPIA INDUSTRIA
- LA POSIBLE INTEGRACIÓN DEL SUMINISTRO DE BIOMASA EN LAS CADENAS DE SUMINISTRO DE LA MADERA, JUNTO CON LAS COMPLICACIONES LOGÍSTICAS DE AMBOS MERCADOS, DAN UNA IMPORTANTE VENTAJA COMPETITIVA A LAS INDUSTRIAS FORESTALES DE CIERTO TAMAÑO (TABLEROS Y CELULOSA)

