EVALUACION DEL POTENCIAL DE ENERGÍA DE LA BIOMASA

ESTUDIO TÉCNICO PER 2011-2020

ANEXOS

IDAE
Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

ANEXOS

ANEXO I. Panorama actual. Resultados de las principales experiencias llevadas a cabo

El presente anexo recopila las principales experiencias de aprovechamiento de biomasa sólida (restos agrícolas, forestales y cultivos energéticos tanto leñosos como herbáceos) llevadas a cabo hasta el momento actual. Dichas experiencias se van a dividir en tres grupos según la procedencia de la biomasa:

- Restos de aprovechamientos forestales.
- Restos de cultivos agrícolas.
- Cultivos energéticos:

  Masas leñosas implantadas en terreno forestal.
  Masas leñosas implantadas en terreno agrícola.
  Masas herbáceas implantadas en terreno agrícola.

Se han tomado como principales fuentes de información: *"Principales experiencias del aprovechamiento de la biomasa sólida realizadas recientemente en España"* del IDAE y el "*Plan de aprovechamientos de la maso forestal residual de Castilla La Mancha*".

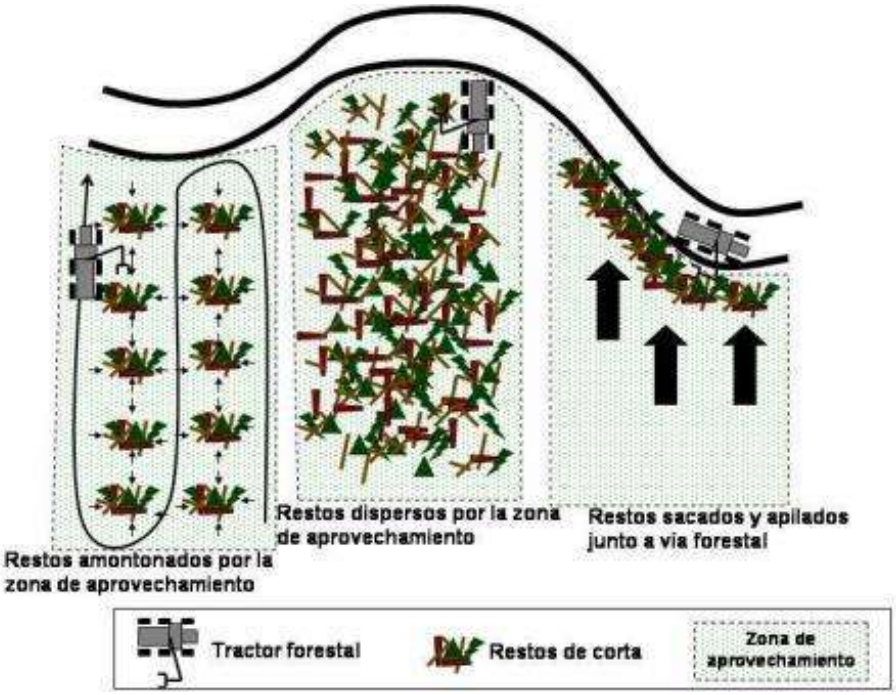
A. Restos de aprovechamientos forestales

El aprovechamiento de los restos forestales con fines energéticos supone un gran beneficio para los montes españoles ya que se elimina la materia sobrante del monte de forma sostenible disminuyendo a su vez el riesgo y propagación de incendios así como la aparición de plagas en las masas forestales. Además, el aprovechamiento de masas forestales fomenta el desarrollo rural de la zona creando nuevas empresas y puestos de trabajo.

Por otro lado, el aprovechamiento de restos se encuentra con dos grandes dificultades: la gran dispersión del material en el terreno y la baja densidad de éste, lo cual encarece enormemente el transporte al lugar de valorización energética. Por tanto, la labor inicial de cualquier aprovechamiento debe estar dirigida a solventar al máximo posible dichas dificultades.

Actualmente no existe una arraigada conciencia de aprovechamiento de restos de modo que los tratamientos que se llevan a cabo sobre las masas no se encuentran organizados pensando en favorecer dicho aprovechamiento. De este modo, al realizar los aprovechamientos, ya sean madereros o no, no se amontonan los restos, dejándolos en la mayoría de los casos abandonados de forma dispersa en el terreno, situación que favorece la propagación de plagas e incendios forestales. Por tanto, parece necesario, como primera medida, planificar adecuadamente la corta y el aprovechamiento, promoviendo un aprovechamiento íntegro de restos y troncos ya sea agrupando los restos alineados o amontonados en calles de desembosque y de este modo abaratando su recogida o aprovechando el árbol completo y procesado a pie de pista donde se separa fustes de restos (ramas, ramilla, raberones y hojas).

Ilustración 1: Planificación del aprovechamiento



Fuente: "Biomasa: Experiencias de cultivos energéticos y de restos forestales y agrícolas" IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), 2008

Otra forma de fomentar el aprovechamiento de restos es aumentar al máximo la mecanización de la reunión. Para ello se ha diseñado un apero, montado sobre un tractor, de ruedas o cadenas, de baja potencia, en forma de rastrillo con pinza que arrastra y amontona el material a pie de pista llegando a un rendimiento de reunión medio de 1 ha/h.

Ilustración 2: Tractor agrícola de ruedas adaptado para el agrupado de troncos

Fuente: Jornadas Castilla- La Mancha. "*Maquinaria y procesos para la obtencion de biomasa forestal*"

Ilustración 3: Tractor de oruga adaptado para la reunión de restos (TRABISA)

Fuente: Jornadas Castilla- La Mancha. "*Maquinaria y procesos para la obtencion de biomasa forestal"*

Por otro lado, para aumentar la concentración del material es conveniente llevar a cabo cortas en el momento de máxima extracción de material. Esto es, existen cortas como es el caso de los clareos de los que la cantidad de material pobtenida no es elevada, sin embargo se puede actuar sobre claras retrasando la edad de corta y por tanto concentrando mayor cantidad de restos en una operación.

En cuanto a la segunda dificultad que encuentra el aprovechamiento de restos forestales, la baja densidad del material la cual eleva sustancialmente el coste de aprovechamiento al elevar el coste de transporte, parece evidente que es necesario, aumentar la densidad aparente ya sea mediante reducción del material (astillado o triturado) o compresión (empacado). Dichos tipos de adecuación se pueden llevar bien en monte mediante la maquinaria adecuada (astilladora o trituradora remolcada por un tractor forestal) o en cargadero (astilladora o trituradora móvil o semimóvil sobre tractor forestal o en la caja de un camión trailer repectivamente.

Ilustración 4: Astilladora móvil

Fuente: Jornadas Castilla- La Mancha. "*Maquinaria y procesos para la obtencion de biomasa forestal"*

Ilustración 5: Trituradora móvil

Fuente: Jornadas Castilla- La Mancha. *"Maquinaria y procesos para la obtencion de biomasa forestal"*

Ilustración 6: Astillado de restos de corta desde la pista mediante astilladora motada sobre camión.

Fuente: Cátedra de Aprovechamientos Forestales. ETSIM.

Respecto al empacado, en la actualidad existen 3 máquinas forestales específicas, desarrolladas por las casas comerciales Timberjack y Valmet (Finlandia) y la española de TRABISA, que es un prototipo más adaptado a la situación forestal española, con mayor dispersión de restos y aparición de piedras y tierra.

Ilustración 7: Empacadora realizando una demostración de empacado de restos de pino en Galicia

Fuente: Cátedra de Aprovechamientos Forestales. ETSIM.

Ilustración8: Empacadora FiberPack

Fuente: "*Guía de maquinaria forestal*". http://usuarios.multimania.es/maquinariaforestal

Ilustración 9: Empacadora WoodPack

Fuente: "*Guía de maquinaria forestal*". http://usuarios.multimania.es/maquinariaforestal

Ilustración 10: Empacadora ForestPack TEC1.TRABISA

Fuente: Jornadas Castilla- La Mancha. "*Maquinaria y procesos para la obtencion de biomasa forestal*"

Por otro lado muchas masas, tradicionalmente aprovechadas para la producción de leñas para la generación de energía térmica en el sector doméstico, fundamentalmente masas de encina (*Quercus ilex)*, rebollo (*Quercus pyrenaica*), y quejigo (*Quercus faginea*), así como *Quercus canariensis, Quercus pubescens* y hayedos tratados a monte bajo (*Fagus sylvatica*) han sido abandonadas en su uso, constituyendo una importante fuente de generación de biomasa sólida al retomar su aprovechamiento.

Ilustración11: Rebollar (*Q. pyrenaica*) en el Sistema Central

Fuente: Cátedra de Aprovechamientos Forestales. ETSIM.

Respecto a las experiencias de aprovechamiento de restos forestales, en la actualidad se han llevado a cabo numerosas experiencias, sin embargo de dichas experiencias se han extraído resultados tanto de datos técnicos como rendimientos y datos económicos elevadamente dispersos y heterogéneos, debido principalmente a las siguientes razones:

- Organización del aprovechamiento (sistema logístico, maquinaria empleada, orden de las operaciones llevadas a cabo, etc.)

- Dispersión de los restos, ya se encuentren amontonados, alineados o completamente dispersos. Son escasos los aprovechamientos de restos de cortaen zonas de densidad inferior a 50 t/ha.

- Incidencias en la maquinaria por averías, desplazamientos, etc.

- Dificultad de acceso a la zona donde tiene lugar el aprovechamiento.

- Densidad aparente del material.

– La variabilidad de las masas forestales obliga a modificación de los trabajos en unas zonas respecto a otras dificultando la extracción de resultados y conclusiones comunes.

– Diversidad del terreno del territorio español. De hecho, son escasos los aprovechamientos de restos de corta cuando las pendientes superan el 30 al 35%.

Por tanto, incluso en dos zonas de trabajo con carácterísticas similares se obtiene datos de rendimientos y económicos muy dispares.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las experiecicias que se han llevado a cabo junto con una estimación de costes (en parte reales y en parte estimados), de los cuales se desprende la gran dispersión de resultados comentada anteriormente en función de los diversos factores comentados (organización del trabajo, densidad de restos por hectárea, distribución de los restos en el monte o a pie de pista, incidencias sobre la maquinaria, etc.)
Costes de aprovechamientos forestales

Especie	Tratamiento / Proceso	Fuente	Costes (€/t)		Observaciones
			Mínimo	Máximo	
Pinos / coníferas	Cortas a hecho Empacado de restos	CIS – Madera	27,01	27,41	
		ANFTA	15	42,3	
		FERÁLAVA	26,11	31,51	
	Cortas a hecho Astillado de restos	CIS – Madera	25,91	35,66	
		CESEFOR – ETSIM - JCyL	11,53	26,65	
	Claras Empacado de restos	BIO – SOUTH	19,21	21,78	
	Claras Astillado de restos	CESEFOR – ETSIM - JCyL	22,64		
	Clareo arbolado *Pinus halepensis* y astillado	Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha	165,08		
	Agrupación de restos de cortas realizadas con anterioridad en masas de *Pinus halepensis*	Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha	37,78		
	Clareo arbolado *Pinus nigra* y astillado	Junta de Comunidades de Castilla	111,28		
Pinos / coníferas	Clara arbolado *Pinus nigra* y astillado	Junta de Comunidades de Castilla	94,64		

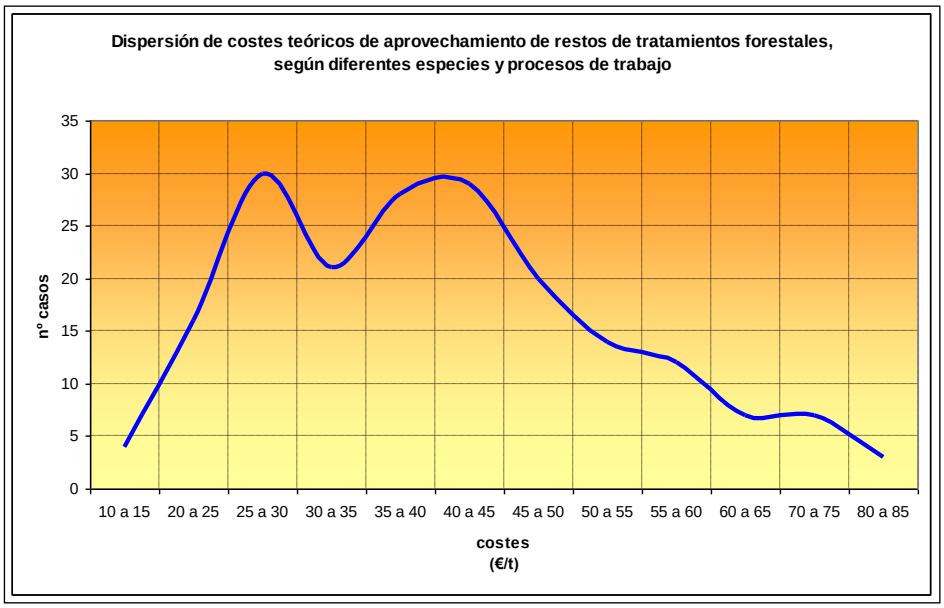
Especie	Tratamiento / Proceso	Fuente	Costes (€/t)		Observaciones
			Mínimo	Máximo	
	Agrupación de restos de cortas realizadas con anterioridad en masas de *Pinus nigra*	Junta de Comunidades de Castilla		38,33	
	Agrupación de restos de cortas realizadas con anterioridad en masas de *Pinus pinaster*	Junta de Comunidades de Castilla		29,76	
	Agrupación de restos de cortas realizadas con anterioridad en masas de *Pinus pinaster*	Junta de Comunidades de Castilla		52,74	
	Clara arbolado *Pinus pinea* y astillado	Junta de Comunidades de Castilla		63,32	
Eucalipto	Cortas a hecho Astillado de restos	CIS – Madera	21,52	30,66	
	Cortas a hecho Empacado de restos	CIS – Madera	25,14	29,54	
		FERÁLAVA	17,49	30,7	El coste mínimo no incluye el coste combinado de saca y transporte
Quercus	Resalveo Astillado de restos	CESEFOR – ETSIM - JCyL	54		Incluye costes de transporte
	Resalveo y astillado	Junta de Comunidades de Castilla			
Chopo	Corta a hecho Astillado de restos	CESEFOR – ETSIM - JCyL	24,92		
	Corta a hecho Empacado de restos	ANFTA	33		
		BIO – SOUTH	13		
		FERÁLAVA	17,31	32,01	

Estos costes no incluyen costes de transporte, salvo excepciones y además hacen referencia a un material húmedo secado al aire en el lugar de la corta, es decir con humedad comprendida entre el 25% y el 55% dependiendo de las circunstancias en que se haya llevado a cabo el aprovechamiento.

Dicha humedad, que por un lado es necesaria para los procesos de empacado y astillado ya que no se resquebraja el material al ser tratado, y por tanto, mejor funcionamiento y eficiencia de la maquinaria, va a afectar negativamente al coste de transporte ya que a mayor humedad mayor coste de transporte ya que se transporta mayor cantidad de agua y menor cantidad de materia seca.

Numerosas publicaciones de CIEMAT y de la Junta de Castilla y León se hacen eco de esta gran dispersión de datos desprendidos de las diversas experiencias llevadas a cabo, elaborando las siguientes gráficas como muestra de ello en las que se representa la frecuencia de casos de diferentes aprovechamientos de restos de tratamientos selvícolas ordenados por sus costes de obtención por tonelada verde de biomasa. Aún con solo estos dos ejemplos y sin contemplar otros casos, puede observarse que la dispersión de costes es muy elevada.

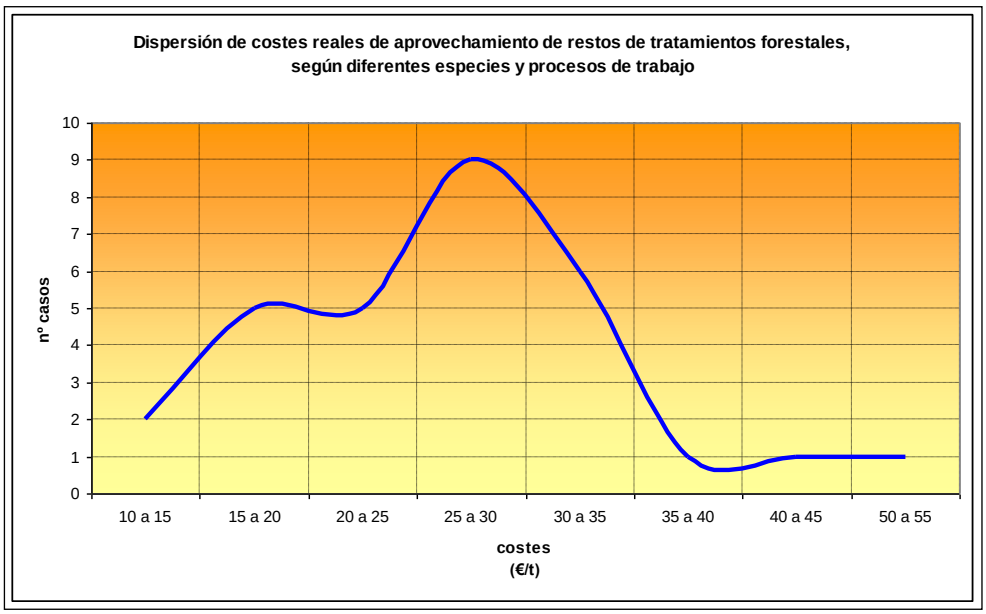
Ilustración 22: Gráfico de costes teóricos de aprovechamiento de restos foestales



Fuente: CIEMAT y Junta de Castilla y León

Si se hace la misma representación para los casos reales expuestos más adelante, el gráfico de dispersión de costes de experiencias reales es el siguiente:

Ilustración 33: Gráfico de costes reales de aprovechamiento de restos forestales



Fuente: CIEMAT y Junta de Castilla y León

Existe una gran dispersión en la definición del coste de aprovechamiento de la biomasa forestal a partir de las experiencias llevadas a cabo en la actualidad, principalmente dependiente de la organización de los trabajos, de la carga de restos por hectárea inicial, de la disposición de los restos sobre el terreno (dispersos, amontonados o alineados, o apilados junto a vías de desembosque) y de las incidencias que la maquinaria ha podido sufrir por averías, desplazamientos, etc.

Por otro lado, es importante hacer referencia a que en la actualidad existen pocas instalaciones que acepten biomasa forestal debido a que es un material con numerosas impurezas, tierra, barro y hasta piedras. Por tanto, no existe una estructura para su comercialización creada, la cual debría ser fomentada mediante la apretura de nuevas instalaciones para el consumo de este tipo de biomasa.

Tras el análisis de las diferentes experiencias llevadas a cabo se puede concluir que:

- Es difícil definir unos rendimientos y costes para cada operación y proceso dada la gran dispersión de resultados existente.

- En cuanto a las incidencias producidas en la maquinaria es imprescindible comentar que tienen mejor resultados aquella maquinaria robusta sin latiguillos y flejes expuestos.

- En cuanto al contenido de humedad, es importante no secar en exceso el material ya que un contenido de humedad adecuado facilita los procesos de empacado y astillado.

- El desarrollo de la red comercial de este tipo de biomasa fomentaría el desarrollo del medio rural a través de pequeñas empresas y cooperativas.

- Por otro lado, la creación de una estructural empresarial en torno a la biomasa forestal agilizará el mercado perfeccionando las distintas operaciones y disminuyendo notablemente los costes.

- Para finalizar, es necesario comentar que es necesario dejar en el monte parte de los restos, ramillas finas y hojas, para no afectar negativamente en el ciclo de nutrientes del suelo. Basta, si es posible, con dejar un tiempo los restos de modo que este material se desprenda por si sólo.

A continuación se presentan las experiencias recopiladas en los documentos "*Plan de aprovechamientos de la masa forestal residual de castilla-La Mancha*" (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, junio, 2008) y *"Principales experiencias del aprovechamiento de la biomasa sólida realizadas recientemente en España"* (IDAE, 2008). Estos datos se presentan buscando una homogeneidad que muchas veces no tienen y se les ha dado el mismo formato que proporciona el IDAE en la publicación "*Principales experiencias del aprovechamiento de la biomasa sólida realizadas recientemente en España*".

CIS – Madera / Universidad de Santiago de Compostela / Universidad de Vigo. Referencia documental: www.cismadera.com/castelan/downloads/biomasa1.pdf; www.cismadera.com/castelan/downloads/biomasaiii.pdf; www.cismadera.com/castelan/downloads/biomasa.pdf

Los rendimientos se refieren a toneladas de material verde sobre el terreno (humedad variable, pero oscilando generalmente entre el 30 y el 50%). El objetivo de esta experiencia fue analizar, en las condiciones locales, el funcionamiento de algunos de los equipos y técnicas más adecuadas para el tratamiento de la biomasa generada en aprovechamientos forestales. Para homogeneizar unidades se han empleado los coeficientes que se indican en observaciones. Y con el fin de proporcionar costes igualmente homogéneos con otras experiencias se han utilizado los costes de maquinaria que proporcionan las tarifas TRAGSA 2007, sustituyendo el único precio que proporciona esta referencia (el precio del tractor apilador, que se consideró de 27 €/h, en el año 2004).

Especie	Densidad (t/ha)	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/h	Coste maquinaria €/h	Coste €/t	Coste total €/t	Producto	Observaciones
Pinus pinaster	44	Corta a hecho; restos amontonados	Amontonado de restos	Tractor apilador de restos	3,20	52,94	16,54	35,66	Astillas	
			Astillado	Astilladora chipharvester Brucks 803 sobre autocargador Valmet 892	16,17	165,12	10,21			Rendimiento: 44 est/h * 0,5 m^3/est *0,735 t/m^3
			Desembosque de astilla a parque	Autocargador Valmet 895	10,74	95,62	8,90			31,6 est/h * 0,34 t/est astilla
		Corta a hecho restos apilados junto a vía	Amontonado de restos	Tractor apilador de restos	3,20	52,94	16,54	30,30	Astillas	
			Astillado	Astilladora chipharvester Brucks 803 sobre autocargador Valmet 892	23,89	165,12	6,91			Rendimiento: 65 est/h * 0,5 m^3/est *0,735 t/m^3

Especie	Densidad (t/ha)	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/h	Coste maquinaria €/h	Coste €/t	Coste total €/t	Producto	Observaciones
			Aproximación de astilla a contenedor general	**Autocargador Valmet 895**	**13,97**	**95,62**	**6,84**			**41,1 est/h * 0,34 t/est astilla**
		Corta a hecho restos apilados junto a vía	Amontonado de restos	Tractor apilador de restos	3,20	52,94	16,54	25,91	Astillas	
			Astillado	Astilladora semimóvil de alta capacidad Pezzolato PHT 1200	13,60	91,88	6,76			Rendimiento: 37 est/h * 0,5 m^3/est *0,735 t/m^3
Pinus pinaster	**44**		Aproximación de restos a astilladora	Tractor con pinza frontal	13,60	35,53	2,61			
		Corta a hecho; restos amontonados	Amontonado de restos	Tractor apilador de restos	3,20	52,94	16,54	27,01	Pacas cilíndricas	
			Empacado	Fiberpac 370 B sobre autocargador Timberjack 1210 B	7,45	78,00	10,47			16,2 pacas/h; peso pacas pino: 460 kg/paca (humedad 55%)
		Corta a hecho restos apilados junto a vía	Amontonado de restos	Tractor apilador de restos	3,20	52,94	16,54	27,41	Pacas cilíndricas	
			Empacado	Fiberpac 370 B sobre autocargador Timberjack 1210 B	7,18	78,00	10,87			15,6 pacas/h; 460 kg/paca (55% humedad)
Eucalyptus sp	40	Corta a hecho; restos dispersos	Astillado	Astilladora chipharvester Brucks 803 sobre autocargador Valmet 892	15,20	165,12	10,86	21,52	Astillas	38 est/h * 0,5 m^3/est * 0,8 t/m^3
			Desembosque de astilla	Autocargador Valmet 895	8,97	95,62	10,66			28,3 est/h * 317 kg/est astilla

Especie	Densidad (t/ha)	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/h	Coste maquinaria €/h	Coste €/t	Coste total €/t	Producto	Observaciones
										eucalipto
Eucalyptus sp	40	Corta a hecho restos apilados junto a vía	Amontonado de restos	Tractor apilador de restos	4,00	52,94	13,24	30,66	Astillas	
			Astillado	Astilladora chipharvester Brucks 803 sobre autocargador Valmet 892	24,40	165,12	6,77			61 est/h * 0,5 m^3/est *0,8 t/m^3
			Aproximación de astilla a contenedor general	Autocargador Valmet 895	8,97	95,62	10,66			28,3 est/h * 317 kg/est astilla eucalipto
		Corta a hecho; restos dispersos	Empacado	Fiberpac 370 B sobre autocargador Timberjack 1210 B	6,67	78,00	11,69	29,54	Pacas cilíndricas	13,9 pacas/h * 0,48 t/paca
			Saca de pacas a parque	Autocargador Valmet 895	5,36	95,62	17,85			
		Corta a hecho restos apilados junto a vía	Amontonado de restos	Tractor apilador de restos	3,20	52,94	16,54	25,14	Pacas cilíndricas	
			Empacado	Fiberpac 370 B sobre autocargador Timberjack 1210 B	9,07	78,00	8,60			18,9 pacas/h * 0,48 t/paca

Junta de Castilla y León / CESEFOR / ETSI Montes – UPM. Experiencias sobre diferentes situaciones en Castilla y León, entre los meses de octubre de 2006 y mayo de 2007. Hay referencias a otras experiencias forestales realizadas en otros lugares. Las experiencias en Granada fueron realizadas por ANFTA y las de Navarra por CENER. Las referencias de Finlandia son de Asikainen y Fraysse, y las de los países nórdicos de Laitila. Los costes incluyen gastos generales empresariales y beneficio industrial, pero en ningún caso la retribución a la propiedad por los restos del aprovechamiento.

Referencia: www.entablamedioambiente.com/files/Rendimientos%20y%20costes%20de%20diferentes%20aprovechamientos%20de%20la%20Biomasa.pdf

Lugar	Especie	Dn (cm)	t/ha	Tratamiento	Proceso	Maquinaria		Rendimiento	Costes			Coste total (€/t)	Producto	Observaciones
								t/h	€/h	€/m³	€/t			
Valsemana y Los Corrales (León)	*Quercus pyrenaica*	10	50	Resalveo: Apeo con cosechadora con cabezal adaptado mediante "uña" adicional al trabajo como "multitalador" Astillado en cargadero con astilladora sobre camión	Apeo	Procesadora multiárbol	Timberjack 165 cv					54,00	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	Distancia de transporte: 100 km; si se emplea multitalador ligero de cizalla, el coste total disminuye a 40 €/t
					Saca	Autocargador	Timberjack 1410D							
					Astillado o triturado fijo	Astilladora o trituradora sobre camión	Astilladora Pezzolato 900/1000 sobre camión, cargando bañeras de 45 estéreos							
					Transporte a central	Camión								
Cabrejas del Pinar (Soria)	*Pinus sylvestris*	14,6	4	Clara: saca de árbol completo y triturado en cargadero con astilladora semimóvil	Apeo	Cosechadora convencional	Cosechadora Valmet 911	6,32	70,56		11,16	26,64	Material triturado 56,2% de H, PCI 4568 s/ base seca, más gruesos y finos que en el caso anterior	34,2 €/t de coste estimado de acuerdo con los autores Distancia de transporte: 40 km
					Saca	Autocargador	Valmet 910	6,54	53,96		8,25			
					Triturado en cargadero y carga	Triturado	Trituradora automóvil Willibald ESU 4800	31,64	102,26		3,23			
						Carga a camión con pala cargadora								
					Transporte a central	Camión	Camiones de piso móvil, 90 estéreos con cargador telescópico ligero Manitou				4,00			

Lugar	Especie	Dn (cm)	t/ha	Tratamiento	Proceso	Maquinaria		Rendimiento	Costes			Coste total (€/t)	Producto	Observaciones
								t/h	€/h	€/m^3	€/t			
Villaverde de Mojina (Burgos)	Chopo	38	106,1	Corta a hecho	Apeo y desrrame	Manual	Motosierra	2,096	18	4,44	(9,45)	31,92	Astillas. 45,5% H, PCI s/base seca de 4331 KCal/kg. Calidad intermedia entre las anteriores. Coste de toda la operación 40,9 €/t de acuerdo con datos ofrecidos por los autores	4,46 m^3/h; densidad: 0,47 t/m^3: 2,096 t/h Costes referidos a peso verde. No se considera en el coste total
					Desembosque de fustes	Cargadora frontal		5,87	50,4	12,48	(8,60)			. No se considera en el coste total
					apilado de restos			21,05			2,38			87,7 m^3 aparente/h; relación m^3 /m^3 aparente: 0,24 Coste: 0,57 €/m^3 aparente m
					Astillado	Astilladora	Astilladora de tambor Kesla, remolcada con tractor agrícola	3,36	75,7		22,54			14 m^3 aparente/h; coste 5,41 €/ m^3 aparente
					Transporte a central						7,00			
TM Muriel Viejo (Soria)	*Pinus pinaster*	37	40,3	Corta a hecho; procesado de restos en calles con astilladora móvil	Apeo	Manual	Motosierra	26,0	12,6	0,34		21,33	Astillas; no se consideran para el coste total los costes de apeo y procesado; coste total de la experiencia referido por los autores: 27,4 €/t	37,1 m^3/h
					Procesado	Procesadora multiárbol	Timberjack 165 cv	19,6	73,8	2,63				28,01m^3/h
					Saca	Autocargador	Timberjack 1410D	9,2	54,0	4,09				13,2 m^3/h
					Astillado móvil	Astilladora sobre autocargador	Autocargador Bruks 35 estéreos	10,7	123,4		11,53			Estimado para esta experiencia a partir de datos de CIS - Madera
					Transporte de astilla	Camión					9,8			Transporte: 40 km

Lugar	Especie	Dn (cm)	t/ha	Tratamiento	Proceso	Maquinaria		Rendimiento	Costes			Coste total (€/t)	Producto	Observaciones
								t/h	€/h	€/m^3	€/t			
Granada y Castilla y León (ANFTA)	Chopo				Restos de aprovechamientos Reunión de restos, empacado, carga y transporte	Tractor apilador de ramas					3,50	38,00	Pacas cilíndricas	
						Empacadora	Fiberpack				25,00			
						Autocargador					4,50			
						Camión					5,00			Transporte: 50 km
	Pino					Tractor apilador de ramas					2,30	47,30	Pacas cilíndricas	
						Empacadora	Fiberpack				30,00			
						Autocargador					10,0			
						Camión					5,00			Transporte: 50 km
						Tractor apilador de ramas					--	33,00	Pacas cilíndricas	
						Empacadora	Woodpac				9,00			
						Autocargador					6,00			
						Camión					18,00			Transporte: 140 km
						Tractor apilador de ramas					2,05	33,5	Pacas paralelepípedas	
						Empacadora	TRABISA				10,00			
						Autocargador					6,00			
						Camión 110					15,00			Transporte: 110 km
Pinar Grande (Soria)	*Pinus sylvestris*			Corta a hecho	Apeo	Motosierra						26,65	Solo referencias a este tipo de experiencias, pero costes referidos a	
					Saca	Skidder					6,55			
					Apilado	Tractor	Tractor con remolque y grúa				13,10			
					Astillado fijo						13,55			

Lugar	Especie	Dn (cm)	t/ha	Tratamiento	Proceso	Maquinaria		Rendimiento	Costes			Coste total (€/t)	Producto	Observaciones
								t/h	€/h	€/m³	€/t		Finlandia	
Navarra	Chopo			Restos de aprovechamientos	Empacado						13,55			
	Pino										19,21			
Finlandia				Restos de aprovechamientos	Empacado		Fiberpack					34,67		Transporte: 80 km
Países nórdicos	Picea			Extracción tocones		Destoconado				4,0/6,0	17,25			23 €/m³; densidad:075

Experiencia realizada por el Centre de la Propietat Forestal de Catalunya, en el año 2004, los términos municipales de Cruilles, Monells y Sant Sadurní de l'Heura (Cataluña).

Referencia: http://mediambient.gencat.net/Images/43_34273.pdf

Lugar	Especie	t/ha	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento	Producto	Observaciones
Macizo de Les Gavarres	Pino piñonero	s/d	Clara de pino piñonero	Recogida y apilado manual de restos	Empacadora Fiberpack	2,4 t/h	Pacas cilíndricas	12 pacas/h x 200 kg/paca (75 cm diámetro, 2 m de longitud); se pueden incrementar los rendimientos a 20 - 22 pacas/h)

El proyecto BIOSOUTH, auspiciado por el Gobierno de Navarra, EHN CR Combustibles Renovables, S.A. (Grupo ACCIONA), NAMAINSA (Navarra Medio Ambiente Industrial, S.A.), Iniciativas Innovadoras, S.A.L. y CENER (Centro Nacional de Energías Renovables, Ministerio de Educación y Ciencia), socios en España y desarrollado en Navarra y la Toscana (Italia), es un magnífico ejemplo de análisis de la cadena de combustibles forestales, con una presentación excelente de los resultados en Internet. Se desarrolla desde 2004 y finaliza en 2007.

Referencia: http://www.bio-south.com/; http://www.bio-south.com/pdf/BIOSOUTH_JornadaM2_WP1-2(2).pdf

Lugar	Especie	t/ha	tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento (t/h)	Coste €/t	Coste total €/t	Producto	Observaciones
Sabaiza (Navarra)	Pino laricio	s/d	Clara 30% 1500 pies/ha calles 15 m	Reunión manual de restos y saca con autocargador; Saca de árbol completo y procesado en pista	Autocargador Empacadora Timberjack 1490D - Fiberpack	2,75	21,78	21,78	Pacas cilíndricas	
	Chopo	s/d	Corta a hecho	Empacado	Empacadora Timberjack 1490D - Fiberpack	5,30	13,55		Pacas cilíndricas	0,22 t/paca; 24,23 pacas/h
	Pino laricio	s/d	Clara	Empacado	Empacadora Timberjack 1490D - Fiberpack	2,17	19,21		Pacas cilíndricas	0,221 t/paca; 10,66 pacas/h

Estimaciones de costes de aprovechamiento de biomasa forestal en la cornisa cantábrica, durante el tiempo de puesta en marcha de FERÁLAVA (Fomento de Energías Renovables de Álava, S.A.) sociedad constituida en el año 1997 que tiene por objeto el aprovechamiento energético de la biomasa. FERALAVA tenía

prevista la construcción, en el municipio alavés de Lantarón, de una planta para producción de electricidad a partir de biomasa forestal, de 22 MW de potencia.

La producción prevista era de 174.000 MWh/año. Para su funcionamiento normal la planta de FERALAVA tenía previsto consumir alrededor de 200.000 toneladas/año de biomasa. Las experiencias muestran que la disposición del residuo (amontonado) y la limpieza de restos de tierra y piedras, aumentan de manera considerable el rendimiento de la empacadora, evitando las frecuentes paradas por avería de la máquina, fundamentalmente por la rotura de cadenas de corte de los fardos y, en menor medida, por las roturas de las botellas de los hidráulicos.

Los datos que se muestran en la primera tabla pueden considerarse una estimación de costes, como resultado del compendio de los datos de las diferentes experiencias realizadas, una vez mejorados los procesos para optimización de costes; en el segundo cuadro se presentan los datos de algunas de las experiencias de FERÁLAVA. El coste horario de la empacadora que figura en el cuadro es el precio máximo de utilización considerando leasing a 5 años sin ayuda (subvención) a la adquisición de la máquina, incluyendo los gastos de mantenimiento y traslado, y mano de obra. En cuanto a los precios de transporte, se trata de precios estimados, ya que dependerá de la distancia de transporte y del contenido de humedad de los fardos a trasladar.

Lugar	Especie	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento (t/h)	Costes €/t	Coste total €/t	Producto	Observaciones
Resultados generales: Vizcaya, Guipúzcoa, Álava, La Rioja	Eucalipto	Corta final: restos esparcidos / amontonados	Empacado	Fiberpack 1490-D	4,25 – 5,95	11,4 - 19,1	21,5 - 36,1	Pacas cilíndricas	Costes totales medios entre 26 y 34 €/t Eucalipto: residuo esparcido: 65-85 pacas/día; residuo amontonado: 90-120 pacas/día. Pino: residuo en corta final: 100 – 125 pacas/día Pesos: 400 a 450 kg / paca Costes y rendimientos estimados para el chopo
			Saca			4,5 – 7			
			Transporte			6,0 – 10,0			
	Pino	Corta final: restos amontonados	Empacado	Fiberpack 1490-D	6,38	12,2 - 23,6	23,2 - 40,6	Pacas cilíndricas	
			Saca			4,5 – 7			
			Transporte			6,0 – 10,0			

Lugar	Especie	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento (t/h)	Costes €/t	Coste total €/t	Producto	Observaciones
	Chopo	Corta final: restos amontonados	Empacado	Fiberpack 1490-D		12,2 - 23,6	21,7 - 35,6	Pacas cilíndricas	
			Saca			9,0-12			
			Transporte						

Lugar	Especie	t/ha	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/h	Coste €/h	Coste €/t	Coste total €/t	Producto	Observaciones
Munguía (Vizcaya)	Eucalipto	35,25	Corta final: restos esparcidos por parcela	Empacado	Fiberpack 1490 – D sobre autocargador Valmet	3,42	80,99	23,68	36,34	Pacas cilíndricas	64,09 pacas/día, 400 kg/paca en verde; 305 kg/paca al cabo de 1 mes
				Saca	Autocargador Valmet			4,66			
				Transporte				8,00			
Lemoiz (Vizcaya)	Eucalipto		Corta final: restos amontonados junto a pista, con cierta contaminación de piedras y tierra	Empacado	Fiberpack 1490 – D sobre autocargador Valmet	3,11	80,99	26,04	38,70	Pacas cilíndricas	70,22 pacas/día, 398 kg/paca en verde; 315 kg/paca al cabo de 1 mes
				Saca	Autocargador Valmet			4,66			
				Transporte				8,00			
Zeanuri (Vizcaya)	Ciprés de Lawson		Corta final: restos amontonados junto a pista	Empacado	Fiberpack 1490 – D sobre autocargador Valmet	3,66	80,99	22,13	36,09	Pacas cilíndricas	94 pacas/día, 350 kg/paca en verde; 340 kg/paca al cabo de 1 mes
				Saca	Autocargador Valmet			5,96			
				Transporte				8,00			
Ikastegieta (Guipúzcoa)	Pino radiata y frondosas		Corta final: restos esparcidos por parcela	Empacado	Fiberpack 1490 – D sobre autocargador Valmet	3,17	80,99	25,55	41,51	Pacas cilíndricas	81,4 pacas/día; 350 kg/paca en verde; 308 kg/paca al cabo de 1 mes
				Saca	Autocargador Valmet			5,96			
				Transporte				10,00			
San Millán (Álava)	Pino silvestre	50	Corta final: 2 situaciones - restos amontonados junto a pista - restos amontonados en parque de procesado	Empacado	Fiberpack 1490 – D sobre autocargador Valmet	4,02	80,99	20,15	32,11	Pacas cilíndricas	94,46 pacas/día; 375 kg/paca en verde; 325 kg/paca al cabo de 1 mes
				Saca	Autocargador Valmet			5,96			
				Transporte				6,00			
Nájera (La Rioja)	Chopo	68	Corta final: Montones desordenados y con contaminación de piedras y tierra	Empacado	Fiberpack 1490 – D sobre autocargador Valmet	2,53	80,99	32,01	42,51	Pacas cilíndricas	Producción conjunta media: 97,5 pacas/día; 325 kg/paca; 275 kg/paca al cabo de 1 mes
				Saca y transporte	Autocargador Valmet			10,50			
			Corta final: Montones orientados y limpios de contaminación de piedras y tierra	Empacado	Fiberpack 1490 – D sobre autocargador Valmet	4,68	80,99	17,31	27,81		
				Saca y transporte	Autocargador Valmet			10,50			

Lugar	Especie	t/ha	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/h	Coste €/h	Coste €/t	Coste total €/t	Producto	Observaciones
			Corta final: Montones tanto limpios como sucios	Empacado	Fiberpack 1490 – D sobre autocargador Valmet	3,52	80,99	23,01	33,51		
				Saca y transporte	Autocargador Valmet			10,50			
Lemoiz (Vizcaya)	Eucalipto		Corta final: restos amontonados junto a pista limpios	Empacado	Fiberpack 1490 – D sobre autocargador Valmet	4,63	80,99	17,49	31,99	Pacas cilíndricas	101,7 pacas/día, 410 kg/paca; 368 kg/paca 1 mes
				Saca y transporte	Autocargador Valmet			14,50			

Experiencias realizadas por el Ayuntamiento de Cartaya (Huelva) en montes de su pertenencia, para aprovechamiento de matorral, restos de aprovechamiento de pino y de eucalipto. Hay que advertir que algunos de los datos de costes están estimados a partir de las tarifas TRAGSA 2000 y de los rendimientos que estas utilizan para determinados trabajos. Igualmente para los costes de transporte, se han estimado densidades y coeficientes de apilamiento. Se trata, en definitiva, de un estudio con una importante carga de suposiciones teóricas.

Referencia: http://ayto-cartaya.com/segunda_modernizacion/images/2modernizacion/archivos/Anexo4.pdf (se han corregido algunos datos erróneos)

Especie	Densidad	Tratamiento	Proceso	Maquinaria / Recursos	Rendimiento	Coste			Coste total	Producto
	t/ha				t/h	€/h	€/ha	€/t	€/t	
Matorral	9,53	Desbroce	Recogida mecanizada	Cosechadora BRUNET BMR 200, dotada de desbrozadora de martillos e impulsor, con depósito sobre tractor oruga 90 CV	0,73	33,25	432,25	45,36	52,44	Astilla
				Transporte: Camión autocargable				7,08		
			Recogida manual	Desbroce con motodesbrozadora Stihl FS300	0,21	12,48	574,08	60,24	143,08	Astilla
				Reunión manual	0,40	7,86	188,64	19,79		
				Astillado y desembosque: tractor oruga 90 CV con astilladora remolcada BRUKS 650/100 y remolque para astillas	1,04	57,98	533,32	55,96		
				Transporte con camión autocargable				7,08		
	14,81	Desbroce	Recogida mecanizada	cosechadora BRUNET BMR 200,con depósito sobre tractor oruga 90 CV	0,82	33,25	598,50	40,41	47,49	Astilla
				Transporte con camión autocargable				7,08		
			Recogida manual	Desbroce con motodesbrozadora Stihl FS300;	0,23	12,48	811,08	54,77	144,04	Astilla
				Reunión manual	0,26	7,86	451,95	30,52		
				Tractor oruga 90 CV con astilladora remolcada BRUKS 650/100, dotado de remolque	1,02	57,98	765,20	51,67		
				Transporte: Camión autocargable				7,08		
Restos de	8,85	Recogida de	Recogida y	Recogida, saca y acordonado	0,37	7,86	188,64	21,31	52,29	Astilla

Especie	Densidad	Tratamiento	Proceso	Maquinaria / Recursos	Rendimiento	Coste			Coste total	Producto
	t/ha				t/h	€/h	€/ha	€/t	€/t	
aprovechamientos de pino		restos	astillado mecanizados	Cosechado y desembosque: Tractor oruga 90 CV con Cosechadora BRUNET BMR 400	1,475	35,25	211,15	23,90		
				Carga y transporte: Camión autocargable				7,08		
			Astillado manual	Recogida, saca y acordonado	0,37	7,86	188,64	21,31	348,70	Astilla
				Astillado y desembosque: Tractor oruga 90 CV con astilladora suspendidaBRUKS 650/100 dotado de remolque; astillado de alimentación manual	0,18	57,97	2.834,73	320,31		
				Carga y transporte: Camión autocargable				7,08		
Restos de aprovechamientos de eucalipto	24,51	Recogida de restos	Recogida y astillado mecanizados	Recogida, saca y acordonado	0,45	7,86	432,30	17,64	34,79	Astilla
				Cosechado y desembosque: Tractor oruga 90 CV dotada de cosechadora BRUNET BMR 400	3,50	35,25	246,75	10,07		
				Carga y transporte: camión autocargable				7,08		
			Astillado manual	Recogida, saca y acordonado	0,45	7,86	432,30	17,64	79,12	Astilla
				Astillado y desembosque: Tractor oruga 90 CV dotada de astilladora suspendidaBRUKS 650/100 con remolque; astillado de alimentación manual	1,07	57,97	1.333,31	54,40		
				Carga y transporte: camión autocargable				7,08		

Cálculos de rendimientos de biomasa según tipo de sistema forestal, pendientes y tratamiento en la provincia de Soria. Elaborado por el CIEMAT, en el año 2005. Se han tomado solo algunos datos referentes al matorral, y tan solo los costes finales que proporciona la publicación. Referencia: Esteban, L.; Pérez Ortiz, P.; Ciria, P. y Carrasco, J. (2005). Evaluación de los recursos de biomasa forestal en la provincia de Soria. Análisis de alternativas para su aprovechamiento energético. Colección Documentos Técnicos CIEMAT. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.

Especie y estado	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/ha	Coste total €/t
Fustal de pino silvestre	Cortas finales a hecho	Pte<20%: Recogida de restos	tractor con rastrillo y grapas; autocargador; empacadora en borde de pista	10,49	45,92
		Pte>20%: Recogida de restos	Apilado manual; tractor con rastrillo y grapas; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	10,49	57,21
Latizal de pino silvestre	Clareo, poda y desbroce	Pte <20%; recogida de restos	Reunión manual; autocargador; empacadora	7,16	29,68
		Pte>20%; recogida de restos	Reunión manual; skidder con grapa; empacadora	7,16	40,69
Pino silvestre en monte bravo Rebollo	Clareo, poda y desbroce	Pte <20%; recogida de restos	Reunión manual; autocargador; empacadora	7,86	35,85
		Pte>20%; recogida de restos	Reunión manual; skidder con grapa; empacadora	7,86	48,08
Fustal de pino silvestre	Cortas finales a hecho	Pte<20%: Recogida de restos	tractor con rastrillo y grapas; autocargador; empacadora en borde de pista	8,37	45,32
		Pte>20%: Recogida de restos	Apilado manual; tractor con rastrillo y grapas; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	8,37	55,39
Fustal de pino silvestre	Cortas finales a hecho	Pte<20%: Recogida de restos	tractor con rastrillo y grapas; autocargador; empacadora en borde de pista	7,28	37,91
		Pte>20%: Recogida de restos	Apilado manual; tractor con rastrillo y grapas; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	7,28	47,23
Fustal de Pino pinaster	Cortas finales a hecho	Pte>20%: Recogida de restos	tractor con rastrillo y grapas; autocargador; empacadora en borde de pista	10,14	45,17
		Pte>20%: Recogida de restos	Apilado manual; tractor con rastrillo y grapas; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	10,14	56,28
Pino pinaster en	Clareo, poda y	Pte <20%; recogida de	Reunión manual; autocargador; empacadora	6,9	28,42

Especie y estado	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/ha	Coste total €/t
monte bravo	desbroce	restos			
		Pte>20%; recogida de restos	Reunión manual; skidder con grapa; empacadora	6,9	38,96
Pino silvestre en monte bravo Rebollo	Clareo, poda y desbroce	Pte <20%; recogida de restos	Reunión manual; autocargador; empacadora	8,27	37,89
		Pte>20%; recogida de restos	Reunión manual; skidder con grapa; empacadora	8,27	50,81
Fustal de Sabina Pino silvestre	Clareo, poda y desbroce	Pte<20%; recogida de restos	tractor con rastrillo y grapaas; autocargador; empacadora en borde de pista	6,17	19,95
		Pte>20%; recogida de restos	Reunión manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	6,17	33,94
Sabina irregular Pino silvestre	Clareo, poda y desbroce	Pte<20%; recogida de restos	tractor con rastrillo y grapaas; autocargador; empacadora en borde de pista	6,3	20,49
		Pte>20%; recogida de restos	Reunión manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	6,3	34,85
Latizal de Sabina Encina Quejigo	Poda sabina; poda y clareo a quercoideas	Pte<20%; recogida de restos	Reunión manual; autocargador; empacadora en borde de pista	22,39	74,1
		Pte>20%; recogida de restos	Reunión manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	22,39	99,37
Mezcla de Pinos y quercoideas (Q. py.) en monte bravo	Resalveo	Pte<20%; recogida de restos	Cortadora apiladora; saca árbol completo con autocargador; empacadora en borde de pista	9,1	40,91
		Pte>20%; recogida de restos	Apeo y apilado manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	9,1	66,92
Mezcla de Pinos y quercoideas (Q. py.) en monte bravo	Resalveo	Pte<20%; recogida de restos	Cortadora apiladora; saca árbol completo con autocargador; empacadora en borde de pista	4,02	25,99
		Pte>20%; recogida de restos	Apeo y apilado manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	4,02	45,52
Mezcla de Pinos y quercoideas (Q. py.) en monte bravo	Resalveo	Pte<20%; recogida de restos	Cortadora apiladora; saca árbol completo con autocargador; empacadora en borde de pista	7,82	37,73
		Pte>20%; recogida de restos	Apeo y apilado manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	7,82	61,72

Especie y estado	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/ha	Coste total €/t
Encina en monte bravo Quejigo	Clareo, poda y desbroce	Pte<20%; recogida de restos	Apeo y apilado manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista de ramas finas; apilado de ramas gruesas	26,5	57,69
		Pte>20%; recogida de restos	Apeo y apilado manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	26,5	75,61
Encina en monte bravo	Clareo, poda y desbroce	Pte<20%; recogida de restos	Apeo y apilado manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista de ramas finas; apilado de ramas gruesas	32,44	39,73
		Pte>20%; recogida de restos	Apeo y apilado manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	32,44	52,07
Rebollo irregular Encina	Clareo, poda y desbroce	Pte<20%; recogida de restos	Apeo y apilado manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista de ramas finas; apilado de ramas gruesas	31,37	43,7
		Pte>20%; recogida de restos	Apeo y apilado manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	31,37	57,28
Chopo Encina Quejigo	Cortas finales a hecho	Pte<20%; recogida de restos	Tractor con rastrillo y grapas; autocargador; empacadora en borde de pista	21,56	54,26
Latizal de Pino laricio Pino silvestre Pino negral	Claras	Pte<20%; recogida de restos	Reunión manual; autocargador; empacadora	0,88	18,85
		Pte>20%; recogida de restos	Reunión manual; skidder con grapa; empacadora	0,88	24,46
Sabina irregular Encina Quejigo	Poda sabina; poda y clareo a quercoideas	Pte<20%; recogida de restos	Tractor con rastrillo y grapas; autocargador; empacadora en borde de pista	8,63	32,57
		Pte>20%; recogida de restos	Reunión manual; skidder con grapa; empacadora en borde de pista	8,63	53,17
Matorral (diversas cargas)	Desbroces	Pte<20%; recogida de restos	Desbroce y reunión con tractor con pala; autocargador; empacado en borde de pista	5,92	28,23
		Pte>20%; recogida de restos	Motodesbrozadora manual; amontonado manual; tractor con grapa; empacado en borde de pista	5,92	40,51
		Pte<20%; recogida de restos	Desbroce y reunión con tractor con pala; autocargador; empacado en borde de pista	10,35	38,74
		Pte>20%; recogida de restos	Motodesbrozadora manual; amontonado manual; tractor con grapa; empacado en borde de pista	10,35	55,59

Especie y estado	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/ha	Coste total €/t
		Pte<20%; recogida de restos	Desbroce y reunión con tractor con pala; autocargador; empacado en borde de pista	14,05	42,54
		Pte>20%; recogida de restos	Motodesbrozadora manual; amontonado manual; tractor con grapa; empacado en borde de pista	14,05	60,91

Enersilva es un proyecto europeo de cooperación transregional financiado por el programa Interreg III B SUDOE. Su finalidad principal es dinamizar a los propietarios forestales particulares del sur de Europa en el aprovechamiento energético de la biomasa forestal primaria. En particular, Enersilva estudia las variables que inciden sobre el aprovechamiento de la biomasa forestal en los bosques y sobre la implantación de centrales de biomasa para producción de energía. (www.enersilva.org). Las especies objeto de aprovechamiento son de los géneros Pinus, Eucalyptus, Quercus, Castanea y Populus.

El circuito de la biomasa forestal primaria (BFP) comprende una serie de actividades que van desde la producción de la biomasa en el monte, hasta la recepción en la central de transformación energética. Con el fin de analizar su comportamiento económico, Enersilva divide el circuito en dos fases: generación de la biomasa y aprovechamiento de la biomasa. Cada una de estas fases tiene una serie de costes asociados que se describen a continuación

- un coste de "generación", procedente del desrame y descope (y en su caso, de clareo y poda) del tratamiento selvícola, incrementado en un 15% de retribución al propietario por esa BFP. Además, incrementa este coste de generación con unos gastos de gestión del propietario (también en un 15% sobre el coste intrínseco de generación) que ENERSILVA cifra entre 20 y 60 €/ha y año

- por otro lado el tradicional coste de aprovechamiento (recogida y apilado, saca, astillado o empacado y transporte a central, con distancia de transporte 30 km), costes que incrementan en un 15% para cubrir los Gastos Generales y Beneficio Industrial de las empresas de aprovechamiento

Obviamente, con respecto al resto de experiencias presentadas, de los costes que presenta ENERSILVA, solo son comparables con aquellas los costes de aprovechamiento y transporte. No obstante se presentan a continuación dichos costes, en €/t de materia verde, con un 35% de humedad:

Concepto / dato	**Localización**									
	Galicia		**País Vasco**		**Cataluña**		**Norte y Centro de Portugal**		**Aquitania**	
Superficie media de la explotación (ha)	1		2		15		1		5	
Márgenes de ciclo productivo (años)	15	60	15	70	15	70	15	45	20	80
Márgenes de Posibilidad (m^3/ha/año)	7	23	5	22	4	20	9	23	4	20
Costes	**Mínimo**	**Máximo**	**Mínimo**	**Máximo**	**Mínimo**	**Máximo**	**Mínimo**	**Máximo**	**Mínimo**	**Máximo**
Coste generación (€/t)	12	26	15	27	15	25	15	22	18	30
Coste generación sin retribución por BFP ni gastos de gestión	9,23	20,00	11,54	20,77	11,54	19,23	11,54	16,92	13,85	23,08
BFP Clareo+poda saca semimecanizada	74	85			75	95				

Concepto / dato	Localización									
	Galicia		País Vasco		Cataluña		Norte y Centro de Portugal		Aquitania	
BFP Clareo+poda saca mecanizada	48	55	60	70					50	55
BFP Clara, saca semimecanizada	54	72								
BFP Cortas finales saca mecanizada	41	46	42	62			29	54	55	70

	España		Francia		Portugal	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Coste total en planta BFP (astilla), incluyendo costes de generación	53	120	69	100	39	75
Coste total en planta BFP (astilla), sin costes de generación	41	95	50	70	29	54

Álvarez Alonso, J. 2004. Estudio sobre la utilización de la biomasa con fines energéticos; Análisis metodológico sobre abastecimiento y costes. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. Valladolid.

Costes calculados a partir de datos reales de cargas de biomasa por unidad de superficie y cálculos de costes por rendimientos medios de operarios y maquinaria.

nº	Origen	Método	Apilado Pendiente	Apilado t/ha	Apilado €/t	Astillado €/t	Empacado €/t	Saca €/t	Coste parque €/t	Transporte €/t	Total €/t
1	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	< 10	27,47	25,31	0,00	0,00	52,78	4,12	56,90
2	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	10 a 15	21,08	22,9	0,00	0,00	43,98	4,12	48,10
3	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	15 a 25	17,65	20,24	0,00	0,00	37,89	4,12	42,01
4	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	25 a 35	14,12	19,26	0,00	0,00	33,38	4,12	37,50
5	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	> 35	12,71	17,48	0,00	0,00	30,19	4,12	34,31
6	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	< 10	27,47	0,00	19,36	10,92	57,75	5,32	63,07
7	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	10 a 15	21,08	0,00	16,44	9,19	46,71	5,32	52,03
8	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	15 a 25	17,65	0,00	13,62	8,34	39,61	5,32	44,93
9	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	25 a 35	14,12	0,00	12,45	7,94	34,51	5,32	39,83
10	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	> 35	12,71	0,00	12,10	7,63	32,44	5,32	37,76
11	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	< 10	31,87	36,99	0,00	0,00	68,86	4,12	72,98
12	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	10 a 15	26,16	33,16	0,00	0,00	59,32	4,12	63,44
13	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	15 a 25	20,29	29,14	0,00	0,00	49,43	4,12	53,55
14	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	25 a 35	16,23	27,47	0,00	0,00	43,70	4,12	47,82
15	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	> 35	14,62	25,64	0,00	0,00	40,26	4,12	44,38
16	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	< 10	31,87	0,00	21,70	11,81	65,38	5,32	70,70
17	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	10 a 15	26,16	0,00	18,15	9,93	54,24	5,32	59,56
18	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	15 a 25	20,29	0,00	15,03	9,02	44,34	5,32	49,66
19	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	25 a 35	16,23	0,00	13,83	8,58	38,64	5,32	43,96
20	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	> 35	14,62	0,00	13,20	8,25	36,07	5,32	41,39

nº	Origen	Método	Apilado Pendiente	Apilado t/ha	Apilado €/t	Astillado €/t	Empacado €/t	Saca €/t	Coste parque €/t	Transporte €/t	Total €/t
21	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	> 30%	< 10	35,65	0,00	28,38	14,14	78,17	5,32	83,49
22	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	> 30%	10 a 15	30,12	0,00	23,55	11,93	65,60	5,32	70,92
23	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	> 30%	15 a 25	22,35	0,00	19,80	10,82	52,97	5,32	58,29
24	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	> 30%	25 a 35	17,88	0,00	18,16	10,31	46,35	5,32	51,67
25	Corta a hecho	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	> 30%	> 35	16,10	0,00	17,43	9,91	43,44	5,32	48,76
26	Corta a hecho	saca restos parque a carretera tractor	0 - 10%	> 35	12,71	9,62	0,00	8,59	30,92	4,12	35,04
27	Corta a hecho	saca restos parque a carretera tractor	0 - 10%	> 35	12,71	0,00	9,58	8,59	30,88	5,32	36,20
28	Corta a hecho	saca restos parque a carretera autoc	10% - 30%	> 35	14,62	9,62	0,00	12,00	36,24	4,12	40,36
29	Corta a hecho	saca restos parque a carretera autoc	10% - 30%	> 35	14,62	0,00	9,58	12,00	36,20	5,32	41,52
30	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	0 - 10%	< 10	0,00	25,31	0,00	0,00	25,31	4,12	29,43
31	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	0 - 10%	10 a 15	0,00	22,90	0,00	0,00	22,90	4,12	27,02
32	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	0 - 10%	15 a 25	0,00	20,24	0,00	0,00	20,24	4,12	24,36
33	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	0 - 10%	25 a 35	0,00	19,23	0,00	0,00	19,23	4,12	23,35
34	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	0 - 10%	> 35	0,00	17,48	0,00	0,00	17,48	4,12	21,60
35	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	0 - 10%	< 10	0,00	0,00	19,36	10,92	30,28	5,32	35,60
36	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	0 - 10%	10 a 15	0,00	0,00	16,44	9,19	25,63	5,32	30,95
37	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	0 - 10%	15 a 25	0,00	0,00	13,62	8,34	21,96	5,32	27,28
38	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	0 - 10%	25 a 35	0,00	0,00	12,45	7,94	20,39	5,32	25,71
39	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	0 - 10%	> 35	0,00	0,00	12,10	7,63	19,73	5,32	25,05
40	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	10% - 30%	< 10	0,00	36,99	0,00	0,00	36,99	4,12	41,11
41	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	10% - 30%	10 a 15	0,00	33,16	0,00	0,00	33,16	4,12	37,28
42	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	10% - 30%	15 a 25	0,00	29,14	0,00	0,00	29,14	4,12	33,26
43	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	10% - 30%	25 a 35	0,00	27,48	0,00	0,00	27,48	4,12	31,60

nº	Origen	Método	Apilado Pendiente	Apilado t/ha	Apilado €/t	Astillado €/t	Empacado €/t	Saca €/t	Coste parque €/t	Transporte €/t	Total €/t
44	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	10% - 30%	> 35	0,00	25,64	0,00	0,00	25,64	4,12	29,76
45	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	10% - 30%	< 10	0,00	0,00	21,70	11,81	33,51	5,32	38,83
46	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	10% - 30%	10 a 15	0,00	0,00	18,15	9,93	28,08	5,32	33,40
47	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	10% - 30%	15 a 25	0,00	0,00	15,03	9,02	24,05	5,32	29,37
48	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	10% - 30%	25 a 35	0,00	0,00	13,83	8,58	22,41	5,32	27,73
49	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	10% - 30%	> 35	0,00	0,00	13,20	8,25	21,45	5,32	26,77
50	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	> 30%	< 10	0,00	0,00	28,38	14,14	42,52	5,32	47,84
51	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	> 30%	10 a 15	0,00	0,00	23,55	11,93	35,48	5,32	40,80
52	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	> 30%	15 a 25	0,00	0,00	19,80	10,82	30,62	5,32	35,94
53	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	> 30%	25 a 35	0,00	0,00	18,16	10,31	28,47	5,32	33,79
54	Corta a hecho	Mec; madera corta; pdtos.clasif.troncos enteros	> 30%	> 35	0,00	0,00	17,43	9,91	27,34	5,32	32,66
55	Corta a hecho	Saca restos parque a carretera tractor	0 - 10%	> 35	0,00	9,62	0,00	8,59	18,21	4,12	22,33
56	Corta a hecho	Saca restos parque a carretera tractor	0 - 10%	> 35	0,00	0,00	9,58	8,59	18,17	5,32	23,49
57	Corta a hecho	Saca restos parque a carretera autoc	10% - 30%	> 35	0,00	9,62	0,00	12,00	21,62	4,12	25,74
58	Corta a hecho	Saca restos parque a carretera autoc	10% - 30%	> 35	0,00	0,00	9,58	12,00	21,58	5,32	26,90
59	Manual-mec; árboles enteros; proc en parque	Árbol entero proc. Parque	0 - 60%	> 35	0,00	9,62	0,00	0,00	9,62	4,12	13,74
60	Manual-mec; árboles enteros; proc en parque	Árbol entero proc. Parque	0 - 60%	> 35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,32	5,32
61	Manual-mec; árboles enteros; proc en parque	Árbol entero proc. Parque	0 - 60%	> 35	0,00	19,24	0,00	0,00	19,24	4,12	23,36
62	Manual-mec; árboles enteros; proc en parque	Árbol entero proc. Parque	0 - 60%	> 35	0,00	0,00	0,00	7,63	7,63	5,32	12,95
63	Corta hecho; apilado mec.	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	< 10	7,20	25,31	0,00	0,00	32,51	4,12	36,63
64	Corta hecho; apilado mec.	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	10 a 15	3,06	22,90	0,00	0,00	25,96	4,12	30,08
65	Corta hecho; apilado mec.	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	15 a 25	1,80	20,24	0,00	0,00	22,04	4,12	26,16
66	Corta hecho; apilado mec.	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	25 a 35	1,44	19,23	0,00	0,00	20,67	4,12	24,79

nº	Origen	Método	Apilado Pendiente	Apilado t/ha	Apilado €/t	Astillado €/t	Empacado €/t	Saca €/t	Coste parque €/t	Transporte €/t	Total €/t
67	Corta hecho; apilado mec.	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	> 35	1,03	17,48	0,00	0,00	18,51	4,12	22,63
68	Corta hecho; apilado mec.	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	< 10	7,20	0,00	19,36	10,92	37,48	5,32	42,80
69	Corta hecho; apilado mec.	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	10 a 15	3,06	0,00	16,44	9,19	28,69	5,32	34,01
70	Corta hecho; apilado mec.	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	15 a 25	1,80	0,00	13,62	8,34	23,76	5,32	29,08
71	Corta hecho; apilado mec.	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	25 a 35	1,44	0,00	12,45	7,94	21,83	5,32	27,15
72	Corta hecho; apilado mec.	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	> 35	1,03	0,00	12,10	7,63	20,76	5,32	26,08
73	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	< 10	27,47	25,31	0,00	0,00	52,78	4,12	56,90
74	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	10 a 15	21,08	22,90	0,00	0,00	43,98	4,12	48,10
75	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	15 a 25	17,65	20,24	0,00	0,00	37,89	4,12	42,01
76	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	25 a 35	14,12	19,23	0,00	0,00	33,35	4,12	37,47
77	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	> 35	12,71	17,48	0,00	0,00	30,19	4,12	34,31
78	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	< 10	27,47	0,00	19,36	10,92	57,75	5,32	63,07
79	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	10 a 15	21,08	0,00	16,44	9,19	46,71	5,32	52,03
80	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	15 a 25	17,65	0,00	13,62	8,34	39,61	5,32	44,93
81	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	25 a 35	14,12	0,00	12,45	7,94	34,51	5,32	39,83
82	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	0 - 10%	> 35	12,71	0,00	12,10	7,63	32,44	5,32	37,76
83	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	< 10	31,87	36,99	0,00	0,00	68,86	4,12	72,98
84	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	10 a 15	26,16	33,16	0,00	0,00	59,32	4,12	63,44
85	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	15 a 25	20,29	29,14	0,00	0,00	49,43	4,12	53,55
86	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	25 a 35	16,23	27,47	0,00	0,00	43,70	4,12	47,82
87	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	> 35	14,62	25,64	0,00	0,00	40,26	4,12	44,38
88	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	< 10	31,87	0,00	21,70	11,81	65,38	5,32	70,70
89	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas,	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	10 a 15	26,16	0,00	18,15	9,93	54,24	5,32	59,56

nº	Origen	Método	Apilado Pendiente	Apilado t/ha	Apilado €/t	Astillado €/t	Empacado €/t	Saca €/t	Coste parque €/t	Transporte €/t	Total €/t
	desbr										
90	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	15 a 25	20,29	0,00	15,03	9,02	44,34	5,32	49,66
91	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	25 a 35	16,23	0,00	13,83	8,58	38,64	5,32	43,96
92	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	10% - 30%	> 35	14,62	0,00	13,20	8,25	36,07	5,32	41,39
93	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	> 30%	< 10	36,65	0,00	28,38	14,14	79,17	5,32	84,49
94	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	> 30%	10 a 15	30,12	0,00	23,55	11,93	65,60	5,32	70,92
95	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	> 30%	15 a 25	22,37	0,00	19,80	10,82	52,99	5,32	58,31
96	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	> 30%	25 a 35	17,88	0,00	18,16	10,31	46,35	5,32	51,67
97	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Manual; madera corta; pdtos.clasific.	> 30%	> 35	16,10	0,00	17,43	9,91	43,44	5,32	48,76
98	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	0 - 10%	> 35	12,71	9,62	0,00	8,59	30,92	4,12	35,04
99	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	0 - 10%	> 35	12,71	0,00	9,58	8,59	30,88	5,32	36,20
100	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	10% - 30%	> 35	14,62	9,62	0,00	12,00	36,24	4,12	40,36
101	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	10% - 30%	> 35	14,62	0,00	9,58	12,00	36,20	5,32	41,52
102	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	0 - 10%	< 10	0,00	25,31	0,00	0,00	25,31	4,12	29,43
103	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	0 - 10%	10 a 15	0,00	22,90	0,00	0,00	22,90	4,12	27,02
104	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	0 - 10%	15 a 25	0,00	20,24	0,00	0,00	20,24	4,12	24,36
105	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	0 - 10%	25 a 35	0,00	19,23	0,00	0,00	19,23	4,12	23,35
106	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	0 - 10%	> 35	0,00	17,48	0,00	0,00	17,48	4,12	21,60
107	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	0 - 10%	< 10	0,00	0,00	19,36	10,92	30,28	5,32	35,60
108	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	0 - 10%	10 a 15	0,00	0,00	16,44	9,19	25,63	5,32	30,95
109	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	0 - 10%	15 a 25	0,00	0,00	13,62	8,34	21,96	5,32	27,28

nº	Origen	Método	Apilado Pendiente	Apilado t/ha	Apilado €/t	Astillado €/t	Empacado €/t	Saca €/t	Coste parque €/t	Transporte €/t	Total €/t
110	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	0 - 10%	25 a 35	0,00	0,00	12,45	7,94	20,39	5,32	25,71
111	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	0 - 10%	> 35	0,00	0,00	12,10	7,63	19,73	5,32	25,05
112	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	10% - 30%	< 10	0,00	36,99	0,00	0,00	36,99	4,12	41,11
113	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	10% - 30%	10 a 15	0,00	33,16	0,00	0,00	33,16	4,12	37,28
114	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	10% - 30%	15 a 25	0,00	29,14	0,00	0,00	29,14	4,12	33,26
115	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	10% - 30%	25 a 35	0,00	27,47	0,00	0,00	27,47	4,12	31,59
116	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	10% - 30%	> 35	0,00	25,64	0,00	0,00	25,64	4,12	29,76
117	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	10% - 30%	< 10	0,00	0,00	21,70	11,81	33,51	4,12	37,63
118	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	10% - 30%	10 a 15	0,00	0,00	18,15	9,93	28,08	4,12	32,20
119	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	10% - 30%	15 a 25	0,00	0,00	15,03	9,02	24,05	4,12	28,17
120	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	10% - 30%	25 a 35	0,00	0,00	13,83	8,58	22,41	4,12	26,53
121	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	10% - 30%	> 35	0,00	0,00	13,20	8,25	21,45	4,12	25,57
122	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	> 30%	< 10	0,00	0,00	28,38	14,14	42,52	5,32	47,84
123	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	> 30%	10 a 15	0,00	0,00	23,55	11,93	35,48	5,32	40,80
124	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	> 30%	15 a 25	0,00	0,00	19,80	10,82	30,62	5,32	35,94
125	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	> 30%	25 a 35	0,00	0,00	18,16	10,31	28,47	5,32	33,79
126	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor/autoc./pdtos.clasific	> 30%	> 35	0,00	0,00	17,43	9,91	27,34	5,32	32,66
127	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor	0 - 10%	> 35	0,00	9,62	0,00	8,59	18,21	4,12	22,33
128	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera tractor	0 - 10%	> 35	0,00	0,00	9,58	8,59	18,17	5,32	23,49
129	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas, desbr	Saca restos parque a carretera autoc.	10% - 30%	> 35	0,00	9,62	0,00	12,00	21,62	4,12	25,74
130	Trat.selv. Calles; Cl, clº, podas,	Saca restos parque a carretera autoc.	10% - 30%	> 35	0,00	0,00	9,58	12,00	21,58	5,32	26,90

nº	Origen	Método	Apilado Pendiente	Apilado t/ha	Apilado €/t	Astillado €/t	Empacado €/t	Saca €/t	Coste parque €/t	Transporte €/t	Total €/t
	desbr										
131	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque	0 - 10%	< 30	28,14	0,00	0,00	8,95	37,09	5,32	42,41
132	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque	0 - 10%	30 - 50	26,45	0,00	0,00	7,46	33,91	5,32	39,23
133	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque	0 - 10%	> 50	21,00	0,00	0,00	7,10	28,10	5,32	33,42
134	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque	10% - 30%	< 30	29,39	0,00	0,00	9,67	39,06	5,32	44,38
135	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque	10% - 30%	30 - 50	24,48	0,00	0,00	8,06	32,54	5,32	37,86
136	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque	10% - 30%	> 50	21,91	0,00	0,00	7,67	29,58	5,32	34,90
137	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque	> 30%	< 30	37,20	0,00	0,00	11,60	48,80	5,32	54,12
138	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque	> 30%	30 - 50	31,00	0,00	0,00	9,67	40,67	5,32	45,99
139	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque	> 30%	> 50	27,48	0,00	0,00	9,20	36,68	5,32	42,00
140	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque y pista	0 - 10%	< 30	28,14	0,00	10,02	8,95	47,11	5,32	52,43
141	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque y pista	0 - 10%	30 - 50	23,45	0,00	10,02	7,46	40,93	5,32	46,25
142	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque y pista	0 - 10%	> 50	21,00	0,00	10,02	7,10	38,12	5,32	43,44
143	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque y pista	10% - 30%	< 30	29,39	0,00	10,02	9,67	49,08	5,32	54,40
144	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque y pista	10% - 30%	30 - 50	24,48	0,00	10,02	8,06	42,56	5,32	47,88
145	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque y pista	10% - 30%	> 50	21,91	0,00	10,02	7,67	39,60	5,32	44,92
146	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque y pista	> 30%	< 30	37,20	0,00	10,02	11,60	58,82	5,32	64,14
147	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque y pista	> 30%	30 - 50	21,00	0,00	10,02	9,67	40,69	5,32	46,01
148	Masas Quercus	Manual; pdtos.clasific.Saca a parque y pista	> 30%	> 50	27,48	0,00	10,02	9,20	46,70	5,32	52,02

Plan de aprovechamientos de la masa forestal residual de Castilla-La Mancha. Referencia documental: 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 elaborado con experiencias de TRAGSA y con diferentes autores de TRAGSA.Junio 2008.

Los escenarios estudiados son los siguientes:

Especie principal	Albacete	Ciudad Real	Cuenca	Guadalajara	Toledo	Total
Pino laricio			2			3
Pino rodeno	1			2	1	3
Pino carrasco			2			2
Pino piñonero		1				1
Encina		1		1		2
Quejigo y rebollo				1		1
Matorral				1		1
Total	1	2	4	5	1	13

Las operaciones realizadas fueron: apeo, saca, agrupado, empacada, astillado, transporte y trabajos auxiliares.

En algunas operaciones ya se había apeado, elaborado y sacado la madera y los datos se refieren sólo a la recogida de restos. En ellos los datos son sólo informativos.

Uno de los objetivos es determinar la potencialidad de la biomasa producida.

Se utilizó la metodología del Montero et al. (2005) para evaluar la biomasa teórica de la masa.

**En algún caso se estimó de forma indirecta la biomasa extraída:

- Tamaño de paca 1x0,75x1,55 = 1,1625 m3 aparente

- Densidad = 580 kg/m3 aparente

- Multiplicando el número de pacas por hectárea por la densidad se tienen las toneladas por hectárea.

Se calculó la biomasa aportada por el matorral:

- Se apea el matorral, se pesa y se anota su altura media (kg/m3 aparente).

- Con datos sobre la altura media de matorral (m) para dicha especie y provincia del IFN se tiene (kg/m2).

- En el inventario de cada parcela se estima los m2/ha de matorral se multiplica por el valor anterior y se tiene m2/ha.

No se ha evaluado el coste de transporte en ninguno de los casos (se transporta astilla o pacas de restos).

Se resalta en negrita y subrayado el coste total en los aprovechamientos donde se han controlado todas las operaciones, salvo el transporte como ya se ha indicado.

Especie	Densidad extraída (t/ha)	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/h	Coste maquinaria €/h	Coste €/t	Coste total €/t	Producto	Observaciones
Pinus halepensis	**16,7 t/ha 548pies/ha** (Latizal alto de 20-25 años, repoblación con 1118 pies/ha, Diam= 9-12 cm Peso=35-55 kg/pie Pendiente 12%	Clareo arbolado	Apeo	Multitaldadora Timberjack 870 B Procesadora timberjack 1270 con cabezal desramador	1,33	85	64,06	165,08	Astillas	
			Desembosque de árboles	Autocargador Timberjack 1210 B	1,39	70	50.29			
			Astillado Introducción de astilla en contenedores pesados.	Astilladora JENZ HEM 561 Z remolcada por tractor de ruedas con grúa	3.73	110	29.50			
			Trabajo auxiliar	Operario auxiliar	0,85	18	21,23			
	14,4 t/ha** (Latizal alto procedente de	Cortas realizadas previamente.	Agrupación restos.	Tractor 60-70 CV se le acopla grapa especial (2 dientes y dos uñas).	4.44	45	10,12	37,78	Pacas	

Especie	Densidad extraída (t/ha)	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/h	Coste maquinaria €/h	Coste €/t	Coste total €/t	Producto	Observaciones
	repoblación Diám =12-28 cm Pend= casi 0	Agrupación de restos	Empacado de restos	Empacadora FORESPACK mod. TEC 1	5,42	150	27.66			
Pinus nigra	**21,62 t/ha** **539 pies/ha** Latizal alto de 20-25 años 957 pies/ha Diám = 10-15 cm Peso= 40-60 kg/pie Pendiente = 12%	Clareo calles	Apeo	Multitaldadora Timberjack 870 B Procesadora timberjack 1270 con cabezal desramador	1,59	85	53,39	111,28	Astilla	
			Desembosque de árboles	Autocargador Timberjack 1210 B	1,51	70	46,25			
			Astillado Introducción de astilla en contenedores pesados.	Astilladora JENZ HEM 561 Z remolcada por tractor de ruedas con grúa	9,45	110	11,64			
Pinus nigra	**18,10 t/ha** **344 pies/ha** Latizal alto. Repoblación de 50 años 700 pies/ha Diám= 15-20 cm Peso= 70-120 kg/pie Pendiente = llano	Clara	Apeo en monte	Procesadora Timberjack 1270 con cabezal desramador	2,17	85	39,14	94,64	Astillas	
			Desembosque de árboles completos a cargadero	Autocargador Timberjack 1210 B	1,59	70	44,05			
			Astillado de copas (hasta 12-15 cm) y ramas	Astilladora JENZ HEM 561 Z remolcada por tractor de ruedas con grúa.	9,61	110	11,44			
	8,08 t/ha Latizal alto 994 pies/ha Diám= 13-20 cm Pendiente=llano	¿Clara? Corta previa sólo acopio de restos	Agrupación	Tractor de ruedas adaptado con pinza	1,17	45	38,33			
Pinus pinaster	**15,60 t/ha** **589 pies/ha**	¿Clara? Corta previa	ZONA A Agrupación	Tractor de orugas adaptado	2,88	45	15,63	29,76	Astilla	

Especie	Densidad extraída (t/ha)	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/h	Coste maquinaria €/h	Coste €/t	Coste total €/t	Producto	Observaciones
	(Latizal alto 30-35 años, 891 pies/ha Diám=20-25 cm Peso=30-90 kg/pie Pendiente=llano	sólo recogida de restos.	ZONA A Astillado	Astilladora JENZ HEM 561 Z remolcada por tractor de ruedas con grúa	7,78	110	14,13			
			ZONA B Saca restos con autocargador	Autocargador Timberjack 1210B	2,15	70	32,49	52,74	Pacas	
			ZONA B Empacado	Forespack modelo TEC1	7,41	150	20,25			
			Trabajo auxiliar	Operario	2,78	18	6,48			
Pinus pinea	**30,73 t/ha 348pies/ha** (Latizal alto 810 pies/ha Diám= 12,5-22,5 cm Pendi= 5%)	¿Clara?	Apeo y apilado manual formando cordones	Motosierra	-	-	-	-	Astilla	
Pinus pinea			Astillado	Astilladora PEZZOLATO PTH 900/660 M, montada sobre camión, con grúa forestal para autoalimentación	2,78	110	39,61	63,32		
			Trabajo auxiliar	Operario	0,76	18	23,71			
Pinus pinaster y Quercus Faginea	**40,32 t/ha 2 montes con aporte de 7 t/ha de biomasa arbórea y el resto el matorral***	¿Clara? Monte aterrazado	Apeo de árbol completo	Motosierra Desbrozadora	0,79	85	107,44	186,28	Astilla	
			Agrupación de árboles en una subzona del monte	Tractor de cadenas adaptado	2,62	45	17,15			
			Saca con autocargador	Autocargador Timberjack 1210B	21,35	70	21,35			

Especie	Densidad extraída (t/ha)	Tratamiento	Proceso	Maquinaria	Rendimiento t/h	Coste maquinaria €/h	Coste €/t	Coste total €/t	Producto	Observaciones
			Astillado en cargadero	Astilladora JENZ HEM 561 Z remolcada por tractor de ruedas con grúa	2,89	110	38,13			
			Trabajo auxiliar	Operario	8,12	18	2,22			
Quercus ilex	**20.64** (Monte bajo 12670 pies/ha Diám= 4-7 cm Pendi= 5%)	Resalveo	Apeo y apilado manual de restos en cordones	Motosierra					Astilla	
			Astillado	Astilladora PEZZOLATO PTH 900/660 M, montada sobre camión, con grúa forestal para autoalimentación	2,45	110	44,88	90,09		
Quercus ilex	**20.64** (Monte bajo 12670 pies/ha Diám= 4-7 cm Pendi= 5%)	Resalveo	Trabajo auxiliar	Operario	0,40	18	45,21			

*** Monte 1: Masa integrada por un latizal bajo de P.pinaster con 908 p/ha y Q.faginea con 153 p/ha con diámetros de 7-12 cm y una pendiente entre 12-24%. Se cortan 1389 pies/ha de pinaster y 47 pies/ha de faginea

Monte 2: Masa integrada por latizal bajo P.pinaster de 700 p/ha y diámetros entre 5-9 cm y Q.faginea con 2.226 p/ha y diámetros entre 2,5-6 cm, con una pendiente del 13%.

B. Restos de cultivos agrícolas

La disponibilidad de las experiencias de aprovechamientos de restos de cultivos agrícolas con fines energéticos se encuentra más limitada que el caso de los restos forestales. Entre ellas cabe destacar la experiencia de Sangüesa de aprovechamiento de paja de cereal para la producción de energía eléctrica (Acciona Energía), la experiencia existente en Andalucía de recolección de restos de podas de olivar (Ente Andaluz de la Energía y Valoriza Energía –Grupo Sacyr-) y la recolección de podas de frutales (cítricos fundamentalmente) del Ayuntamiento de Cartaza.

La central de Sangüesa (Navarra)1 es alimentada con paja de cereal empacada y como combustible alternativo emplean paja de maíz. La recolección de los restos de cultivos agrícolas herbáceos se lleva a cabo mediante máquinas recolectoras y empacadoras muy desarrolladas en el sector agrícola, por tanto se trata de costes muy estudiados y conocidos.

Ilustración 44: Cultivo energético de cereal en las proximidades de Sangüesa (Navarra)

Fuente: www.renovables-energia.com

En cuanto al aprovechamiento de los restos de frutales (poda de un olivar, vid, naranjos, etc.) son muy conocidos los costes de reunión, pero en la actualidad se están estudiando otros procesos, astillado y empacado in situ, para mejorar y abaratar el transporte. Existen experiencias de reunión y astillado simultáneo en Andalucía promovidas por el Ente Andaluz de la Energía y Valoriza Energía (Grupo Sacyr), en las cuales primeramente se depositan los restos de podas del olivar (ramón) en hileras (,5 m de anchura y 1 m de altura como máximo) y se astilla el material. Además está prevista la apertura de una instalación en Navas de San Juan (Jaén) de una planta productora de pellets a partir de podas de olivo, con una capacidad de producción de 28.000 toneladas de pellets al año.

[1] http://www.soriactiva.com/Biodiversidad/JornadasBioenergia1/PDF/11_EHN_SANGUESA.pdf

Ilustración15: Sistema autopropulsado de hilerado y triturado

Fuente: Biomasa: Experiencias de cultivos energéticos y de restos forestales y agrícolas" IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), 2008

Por su parte, el Ayuntamiento de Cartaya ha llevado a cabo experiencias con podas de frutales (cítricos fundamentalmente).

Además, la empresa TRABISA ha desarrollado un prototipo de empacadora realizando diversas pruebas con restos de podas de naranjos y almendros

.Ilustración 16: Empacadora agrícola de TRABISA

Fuente: "Biomasa: Maquinaria agrícola y forestal", IDAE (Madrid, 2007)

Ilustración 57: Empacadora de restos agrícolas de Trabisa

Fuente: Dendros

La experiencia del Ayuntamiento de Cartaya, referida a la poda de frutales (cítricos: naranjos, fundamentalmente), expresada en los mismo términos que para los restos de aprovechamientos forestales y de matorral se presenta en la siguiente tabla.

Referencia: http://ayto-cartaya.com/segunda_modernizacion/images/2modernizacion/archivos/Anexo4.pdf

Especie	Densidad	Tratamiento	Proceso	Maquinaria / Recursos	Rendimiento	Coste			Coste total	Producto
	t/ha				t/h	€/h	€/ha	€/t	€/t	
Restos de aprovechamientos de frutales	4,50	Recogida de restos	Recogida y astillado mecanizados	Recogida, saca y acordonado	0,19	7,86	188,64	41,92	96,00	Astilla
				Cosechado y desembosque: Tractor oruga 90 CV con Cosechadora BRUNET BMR 400	0,75	35,25	211,50	47,00		
				Carga y transporte: Camión autocargable				7,08		
			Astillado manual	Recogida, saca y acordonado	0,19	7,86	188,64	41,92	219,03	Astilla
				Astillado y desembosque: Tractor oruga 90 CV con astilladora suspendidaBRUKS 650/100 dotado de remolque; astillado de alimentación manual	0,34	57,97	765,15	170,03		
				Carga y transporte: Camión autocargable				7,08		

Experiencia realizada sobre restos de poda de olivar (ramas de diámetro inferior a 10 cm, ramón y hoja), realizada por SODEAN (Sociedad para el Desarrollo energético de Andalucía, S.A.), AGENER (Agencia de Gestión Energética de la provincia de Jaén), la diputación de Jaén y la Universidad de Jaén, para el Estudio del potencial y coste de las podas de olivar en la provincia de Jaén, en el año 2000, en varias fincas de olivar de regadío y secano2.

[2] SODEAN. 2000. Estudio del análisis de Potencial y coste de las podas de olivar en la provincia de Jaén.

Especie	Tratamiento	Proceso	Densidad	Superficie	Costes		Producto
			t/ha	ha	€/ha	€/t	
Olivo - Regadío	Poda bianual fuerte	Hilerado manual; Astilladora manual; tractor + remolque	4,468	1,3	97,83	21,895	Astilla
Olivo - Regadío	Poda bianual fuerte	Hilerado mecanizado; Astilladora manual; tractor + remolque	2,427	6,2	54,17	22,319	Astilla
Olivo - Regadío	Poda bianual fuerte	Hilerado mecanizado; astillado automático	3,058	1,78	71,06	23,240	Astilla
Olivo - Regadío	Poda bianual fuerte	Hilerado manual calles alternas; astillado automático	3,024	1,44	75,25	24,886	Astilla
Olivo - Regadío	Poda bianual fuerte	Hilerado manual; astillado automático	3,000	2,24	83,10	27,699	Astilla

C. Cultivos energéticos

- **Cultivos energéticos leñosos en terreno forestal**

La experiencia en España en cuanto a los cultivos de secano o semirregadío se reduce a la del cultivo del eucalipto, principalmente en el sudoeste y noroeste de España, para abastecimiento de fábricas de celulosa y pasta de papel. Sus productividades oscilan entre los 2 y los 12 m3/ha/año sobre suelos de arenas y entre 3 y 22 m3/ha y año sobre suelos de pizarras, para un turno de alrededor de 12 años en el suroeste peninsular. En el norte, la productividades varian desde los 4 hasta por encima de los 33 m3/ha/año, ó más, para las mismas edades.

Las limitaciones a este cultivo, aparte de las posibles reacciones sociales y las productividades marginales, son la inexistencia segura de heladas extemporáneas, precipitaciones suficientes (por encima de 500 mm) y suelos francos o franco – arenosos, no masivos ni excesivamente sueltos, preferiblemente de reacción ácida.

Ilustración 18: Eucaliptar en Galicia

Fuente: Cátedra de Aprovechamientos Forestales. ETSIM.

Para tener una idea de producciones de eucalipto al final del apartado se detallan producciones según zonas de España (Sur y norte) en diferentes suelos y calidades.

Así por ejemplo, el grupo ENCE poseen experiencias implantadas en 2005 con *Eucalytus globulus* clonal de rechazo en secano. Al cabo de 12 meses tenían alturas similares de 5,1 m y diámetros variables según densidades, desde 4,5 cm las menos densas a 3 cm las más densas, lo que suponen pesos de 10

kg las gruesas a la mitad de kilos. El peso solo está en función de la altura según la expresión P=0,107787·Altura 2,63328. Así para una altura de 5,1 m el peso es 7,87 kg.

Ilustración 19: Parcela de *Eucalyptus* en secano (3.000 pies/ha)

Fuente: Cátedra de Aprovechamientos Forestales. ETSIM.

Ilustración 20: Parcela de *Eucalyptus globulus* en secano (5.000 pies/ha)

Fuente: Cátedra de Aprovechamientos Forestales. ETSIM.

Se estima que la media de la producción del eucalipto en secano sea de 15 t/ha y año con 30% de contenido de humedad, es decir, 10,5 tsecas/ha y año, a una densidad de plantación de 2.667 plantas.

Como resumen se pueden indicar las siguientes producciones:

- Para el sudoeste, a edades de 7 años, la producción podría alcanzar del orden de 4,7 m3/ha y año sobre suelos de arenas en las mejores calidades (3,5 t/ha y año), y sobre pizarras, del orden de 7,5 m3/ha y año (5,6 t/ha y año), calidades a las que habría que ir, ya que las productividades en calidades menores son muy bajas y poco atractivas, en consecuencia, para este tipo de cultivos salvo como un caso de oportunidad de utilización de tierras sin otro uso.

- Para el norte Las productividades a edades más tempranas (hacia los 6 años) que las usuales podrían proporcionar del orden de 6,5 t/ha y año en las peores calidades y en máxima ocupación del espacio aéreo y edáfico[3], hasta productividades superiores a los 28 t/ha y año.

En cualquier caso, hay cierta disparidad en los resultados esperables y sería necesario efectuar experiencias para comprobar producciones a edades tempranas, tanto en brinzales como en chirpiales, mejores edades de aprovechamiento para la producción y no agotamiento de cepas de forma temprana, dimensiones y, en consecuencia, maquinaria a emplear, preferentemente de manera que se pueda emplear la ya existente y disponible en las zonas donde estos cultivos, para producción de pasta papelera, existen.

En cuanto a la selvicultura y maquinaria, se prepara el terreno con subsolado cruzado profundo y se planta con plantadora Checchi Magli. La recolección se lleva a cabo, en función del diámetro, con una cosechadora o autocargador con cabezal multitalador con el fin de mecanizar al máximo las operaciones.

Ilustración 21: Plantadora Checchi Magli

Fuente: http://www.checchiemagli.com/Trasplantadoras-Sistema-Top-24.

[3] No hay que olvidar que las tablas de producción son modelos numéricos ideales, que suponen la máxima ocupación del especio aéreo y edáfico y la máxima efectividad en la utilización de los recursos de la estación forestal en la que se encuentran, en ausencia de huecos en la masa forestal y en condiciones selvícolas normales o de alta intensidad de intervención (y en este segundo caso, se habla de tablas de producción de selvicultura de referencia).

Para cosechar existen varias alternativas, la cosechadora Bender (http://www.esf.edu/willow/PDF/newsletters/newsletter5_1.pdf) o Claas Jaguar 880 (http://www.claas.com/countries/generator/clpw/en/claasUS/products/fh/jaguar/start,lang=en_US.html) que cortan y astillan cuando d<12 cm.

Ilustración 22: Detalle del apero de corte de la cosechadora Bender

Fuente: (http://www.esf.edu/willow/PDF/newsletters/newsletter5_1.pdf)

Ilustración 23: Cosechadora Bender aplicada al género *Salix*

Fuente: (http://www.esf.edu/willow/PDF/newsletters/newsletter5_1.pdf)

Ilustración 24: Cosechadora Claas Jaguar

Fuente:
http://www.claas.com/countries/generator/clpw/en/claasUS/products/fh/jaguar/start,lang=en_US.html)

Para diámetros mayores, como se ha comentado, se emplea un autocargador con cabezal multitalador.

El astillado se lleva a cabo en parque con trituradoras, aunque puede que en el caso de los cultivos leñosos más limpios se lleve a cabo con astilladoras.

Las trituradoras de parque son del tipo CBI:

Ilustración 65: Trituradora de parque tipo CBI

Fuente: http://www.cbi-inc.com/countries/spanish.aspx

Para destoconar se emplea retroaraña con cazo de 2 uñas, luego se agrupa con tractor de flecos, se cizalla para quitar las piedras, se carga con grúa de grapa tipo pulpo y se transporta a fábrica.

No se debe terminar este capítulo sobre los cultivos energéticos forestales sin hacer mención al género *Quercus*, cuyas especies han sido utilizadas desde siempre para la obtención de leñas, tratadas principalmente a "*monte bajo*". El conjunto de estas especies se extienden por más de 2 millones de ha, a lo que habría que añadir medio millón más en mezcla con otras especies, lo que demuestra la importancia de tener en cuenta su presencia. Debe tenerse en cuenta, también, que muchas de estas masas se encuentran en estado de degradación debido a la falta de tratamientos en las últimas decenas de años debido a la falta de aplicación industrial de su madera.

Es por estas razones por lo que en este estudio se incluye a los *Quercus* como cultivo energético.

Además, se presenta la posibilidad de dedicar a los pinos como cultivo energético en ciertos terrenos en los que no son propicios los géneros anteriormente citados.

- **Cultivos energéticos leñosos en terreno agrícola**

Tanto en Europa como en Norteamérica existe abundante información sobre los cultivos de regadío, tanto en chopo como en sauce. Sin embargo, en España, esta experiencia está muy limitada.

Respecto del *chopo* cabe destacar las experiencias en Aranjuez (Madrid) a finales de los años de la década de los 80 del siglo XX y experiencias en vivero en Salamanca, ambas para producción de chopo en monte bajo a altas densidades (por encima de los 20.000 pies/ha) y rotaciones cortas (2 a 3 años) y más recientemente con coordinación del CIEMAT se han puesto en marcha una serie de experiencias sobre el cultivo del chopo por toda España, pero que aún no han arrojado resultados por ser de reciente implantación.

Ilustración 76: Plantación energética de *Populus* spp

Fuente: Cátedra de Aprovechamientos Forestales. ETSIM.

En estas experiencias se propone el cultivo del chopo en densidades altas y rotaciones cortas. Sin embargo, en Francia[4] e Italia se están proponiendo densidades mucho menores (del orden de 1.400 a 1.800 pies/ha o del orden de 2.000 a 3.000 pies/ha) y rotaciones más amplias (5 a 6 años en brinzales – 1ª rotación –, y 3 a 5 años en chirpiales – 2ª rotación y siguientes –). En Italia, por otro lado se proponen tanto bajas densidades con turnos largos como bajas densidades con turnos cortos, esto es, rotaciones quinquenales y densidades de 1.100 pies /ha o rotaciones bienales con densidades de 6.600 pies/ha[5]. Las productividades que se citan vienen a ser del orden de las 20 t/ha y año.

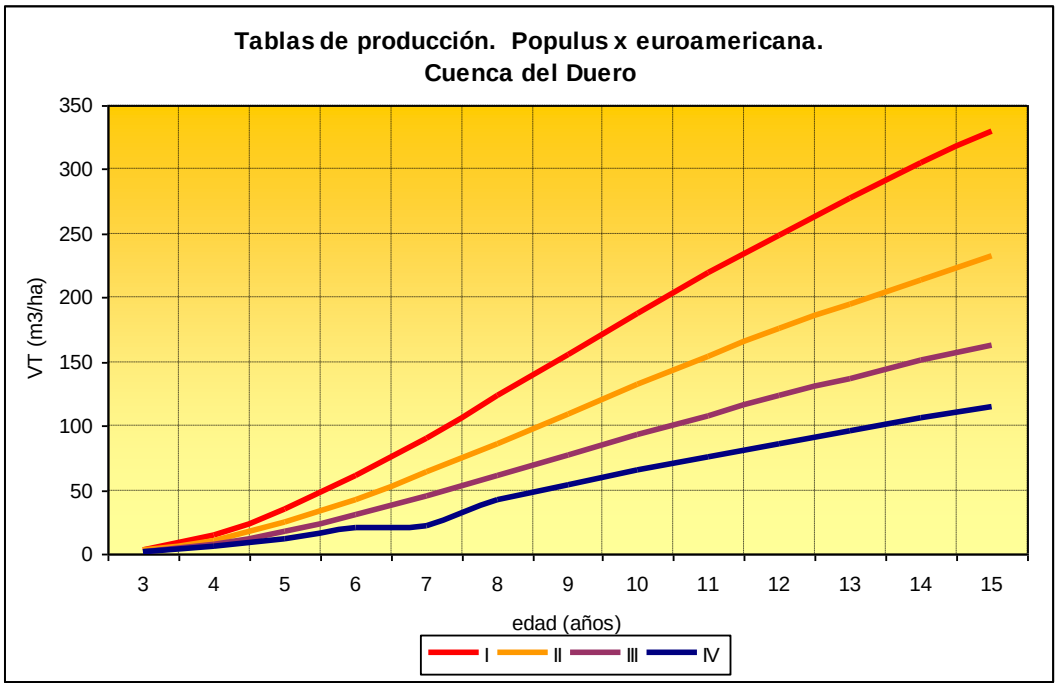
En la publicación del IDAE *"Principales experiencias del aprovechamiento de la biomasa sólida realizadas recientemente en España"* se toma como referencias de producción de chopo (según la estructura de cultivo definida anteriormente, turno corto y densidades medias) las tablas de producción de la especie en España. Por tanto, por ejemplo en la cuenca del Duero, las tablas de producción para *Populus x euroamericana*[6] disponibles son las siguientes (en función de las 4 calidades o índices de sitio –SI- establecidos, de acuerdo al área basimétrica que alcanza la chopera a los 10 años de edad, ofreciendo el dato del volumen total -VT, en m3/ha- y crecimiento medio -CM, en m3/ha y año-):

Producción de *Populus x euroamericana* en la cuenca del Duero, España.

Calidad	I		II		III		IV	
SI (m^2/ha)	20,21		16,77		13,31		9,87	
Edad	VT	CM	VT	CM	VT	CM	VT	CM
3	3,59	1,2	2,53	2,11	1,77	0,84	1,28	1,53
4	14,75	3,69	10,37	2,81	7,29	2,59	5,12	1,98
5	34,43	6,89	24,22	3,52	16,99	4,83	11,96	2,48
6	60,59	10,1	42,61	4,22	29,91	7,09	21,04	2,97
7	90,72	12,96	63,81	4,92	44,79	9,1	21,5	2,36
8	122,79	15,35	86,37	5,63	60,62	10,77	42,64	3,96
9	155,39	17,27	109,29	6,33	76,72	12,12	53,96	4,45
10	187,61	18,76	131,95	7,03	92,62	13,17	65,14	4,95
11	218,87	19,9	153,94	7,74	108,05	13,97	75,99	5,44
12	248,86	20,74	175,04	14,11	122,86	8,71	86,41	9,92
13	277,43	21,34	195,13	9,14	136,97	14,98	96,34	6,43
14	304,52	21,75	214,18	9,85	150,34	15,27	105,74	6,93
15	330,13	22,01	232,19	10,55	162,98	15,45	114,63	7,42

[4] AFOCEL, organismo de investigación aplicada y de estudios, dedicado a contribuir a la competitividad del sistema bosque – madera – industria del papel en Francia; www.afocel.fr
[5] http://www.alasiafranco.it/biomassa.asp
[6] Bravo, F.; Grau, J.M.; González Antoñanzas, F. 1995. Curvas de calidad y tablas de producción para *Populus x euroamericana* en la cuenca del Duero. *Montes, Revista de ámbito forestal*, número 44. Asociación y Colegio de Ingenieros de Montes. Madrid.

Ilustración 87: Producción de *Populus x euroamericana* en la cuenca del Duero



No obstante se debe tener en cuenta que la anterior tabla de producción se refiere a plantaciones en marco de 8 x 5 (250 ud/ha) aplicables a las plantaciones de marco 6 x 6 (278 ud/ha) usuales en la zona.

Esta tabla arroja productividades, según calidades, de 12 a 35 m3/ha a los 5 años (aproximadamente de 5,6 a 16,5 t/ha a los 5 años), lo que equivale de 2,5 a 7 m3/ha y año (entre 1,18 t/ha y año a 3,29 t/ha y año).

En cuanto al *eucalipto en regadío*, ENCE ha llevado a cabo numerosas experiencias en la zona de Huelva desde octubre de 2007 con las siguientes especies: *E. globulus, E. globulus* clonal (de rechazo en vivero), E. *dunii, E. seminal, E. maidenii, E. urograndis, E. saligna, E. camadulensis, Leucaena leucacephala* (3 variedades), *Paulownia* clon 9501 (plantada en febrero 2008) y Chopo (10 clones) (plantada en febrero 2009).

Ilustración 28: Parcela de *Paulownia* clon 9501 (plantada en febrero 2008 y fotografiada en junio 2009)

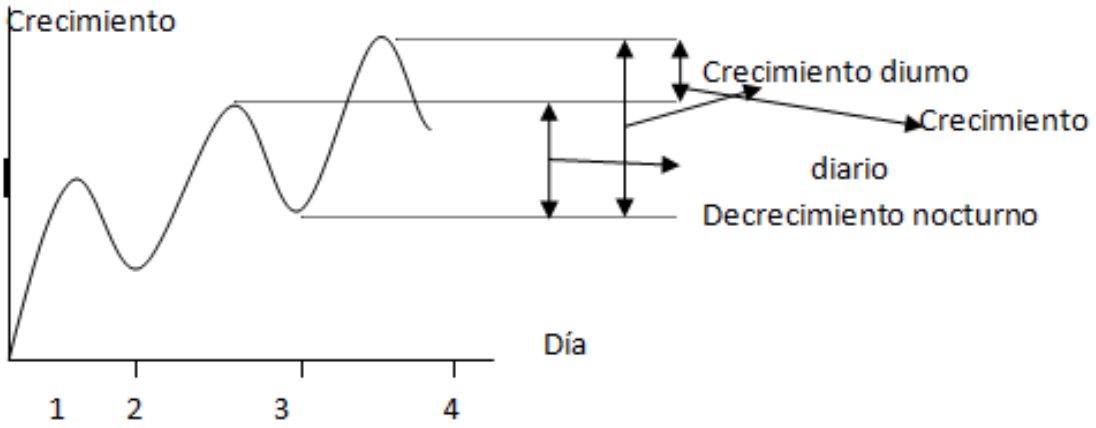
Fuente: Cátedra de Aprovechamientos Forestales. ETSIM.

Ilustración 29: Parcela de *Populus* (10 clones) en regadío (plantada en febrero 2009 y fotografiada en junio de ese año)

Fuente: Cátedra de Aprovechamientos Forestales. ETSIM.

La plantación se ha realizado en doble hilera plantando 3.556 pies/ha con riego por goteo controlando las necesidades de agua de cada especie experimentada, a través de la información de lluvia, temperatura, viento y de lo que aporta el riego. Se controla el crecimiento continuo del arbolado mediante microdendrómetros que registran el crecimiento continuo del árbol. También se controla de forma continua la humedad del suelo.

Ilustración 30: Crecimiento plantaciones género *Populus*



La preparación del suelo con allanado, subsolado no muy profundo, plantas, plantación, riego y abonado les cuesta 2200 €/ha

Las producciones, a los 12 meses los *E. globulus y dunii* ya tenían 4,1 m de altura y pesaban alrededor de 8 kg(verde)/pie, el resto de Eucaliptos tenían 3 m y 6 kgverde/pie, las paulonias 3,5 kgverde/pie y las leucaenas 2 kgverde/pie.

Se estima una producción de eucaliptos 40 tsecas/ha y año.

La paulonia no ha resultado porque tiene unas necesidades de suelo profundo además de que su consumo de agua es mucho mayor que en el eucalipto.

En Europa, países como Suecia, Reino Unido, Irlanda, Holanda, Dinamarca o Alemania han sido pioneros y llevan más de dos décadas investigando y trabajando en cultivos energéticos de corta rotación con especies leñosas. Las especies forestales más frecuentes en este tipo de cultivos son sauces *Salix* sp.) y alisos (*Alnus* sp.) en el norte de Europa (Ledin, Willebrand, 1995) y sauces y chopos (*Populus* sp.) en centro y noreste de Europa (Ceulemans, Deraedt, 1999; Hoffmann- Schielle et al. 1999; Liesebach M, v. Wühlisch G.Muhs H.J., 1999; Mitchell et al., 1999). Por ejemplo, en Suecia la superficie actual bien gestionada y dedicada al cultivo de sauce con fines energéticos supera las 14.000 ha (Hillring B., 2002). Otros países europeos, como Polonia (Ericsson K. et al. 2006) o Croacia (Kajba, Bogdan, 2003) han comenzado recientemente sus investigaciones en cultivos energéticos con esta especie.

En el caso de Polonia, estos cultivos han sido fundamentalmente diseñados en tierras agrícolas dedicadas a cultivo cereal en tiempos pasados, siendo su viabilidad económica posible e incluso más rentable que el cultivo de cereal atendiendo a las políticas comunitarias actuales.

En Canadá, el programa forestal 2020 está promoviendo plantaciones de crecimiento rápido de Salix viminalis en cultivos de corta rotación (Ball J., Carle J., Lungo del, A. 2005). En Estados Unidos el cultivo de sauce especialmente destinado a co-combustión ha alcanzado un espectacular desarrollo en los últimos años (Tharakan et al, 2005). En el Estado de Nueva York se creó hace más de 10 años el "Consorcio del Sauce" (Empire State Biopower Consortium), organización que facilita la comercialización y producción de sauce energético (Empire State Biopower Consortium 1995) (Downing M. et al., 2005).

En cuanto al sauce, se tiene la experiencia de producción del mimbre en Cuenca, que si bien no tenía fines energéticos, su tecnología es perfectamente trasladable a este fin.

Ilustración 91: Producción de mimbre en Cuenca.

Fuente: "*Biomasa: Experiencias de cultivos energéticos y de restos forestales y agrícolas*" IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), 2008

Son múltiples las líneas de investigación que se han desarrollado hasta en momento en cultivos leñosos de turnos cortos para producción de biomasa, y en especial sobre el género *Salix* debido a su gran frugalidad, buenos crecimientos y aptitudes óptimas para la producción de energía.

Como punto de partida en la revisión realizada, es importante el análisis y comparación de las fuentes alternativas para la producción de biomasa forestal. La producción intensiva de biomasa y el aprovechamiento de los restos forestales procedentes de las operaciones selvícolas son las dos vías valoradas a nivel mundial para la producción de energía. Weetman GF (2006) ampara la producción de biomasa en cultivos energéticos como prevención ante la utilización indiscrimada de restos forestales como bioenergía. El recurso tiene que ser ambiental y económicamente viable, por lo que son numerosos los estudios sobre la extensión óptima de estas plantaciones (Ericsson et al 2006; Mitchell

CP., et al 1999; Rosenqvist, Dawson, 2005.). La mayor parte de la superficie destinada actualmente a la producción intensiva de biomasa vegetal son tierras agrarias de propiedad particular, donde el análisis económico sobre el cambio de uso o de cultivo es crucial en la decisión de los propietarios.

Como denominador común en todos los trabajos consultados, resulta la necesidad de crear políticas económicas que incentiven la puesta en marcha y mantenimiento de estas plantaciones, algo que explica la situación actual de Suecia con el sauce, donde las plantaciones son subvencionadas desde hace años (Ball 2005).

El coste de la tierra y tratamientos selvícolas necesarios, el coste de mantenimiento anual, los factores de riesgo o la duración de la rotación del cultivo son factores imprescindibles a la hora de decidir entre una mayor inversión por hectárea (fertilización, riegos, aplicación de herbicidas y desbroces, etc.) o aumentar la superficie de cultivo con costes más bajos. Bevege (1984) señala que, generalmente, cuanto mayor es el precio de la tierra suele prevalecer como más rentable la opción de cultivos más costosos por unidad de superficie con rotaciones más cortas. En cualquier caso, no se descarta el aumento de la superficie de plantación a expensas de producir biomasa con turnos más largos como opción viable.

En cuanto a la selección del sitio de cultivo con sauce, las condiciones óptimas para su instalación son unánimes a nivel mundial (Ledin, Willebrand, 1995; Mitchell et al 1999; Neuhauser, 1996; Hoffmann-Schielle et al, 1999; Lindroth, Bath, 1999). Las especies utilizadas deben ser de crecimiento rápido, bien adaptadas estacionalmente al sitio de introducción (Sims et al., 2001), con buena propagación vegetativa y máximas producciones de biomasa con turnos cortos. Evans (1992) recomienda probar especies autóctonas en los ensayos y, en el caso de que los suelos pudieran ser limitantes para su crecimiento, incluir tratamientos que corrijan estas deficiencias.

Son múltiples los factores a tener en cuenta en la fase de establecimiento de la plantación y que van a influir directamente en la productividad. Aquellos que más han sido investigados son: densidad de plantación y duración del turno, preparación del suelo, diseño y técnicas de plantación, control de herbáceas y matorral y fertilización.

Se recomiendan densidades altas de plantación respecto a las empleadas en repoblación forestal habitualmente. Los estudios que relacionan la producción con los costes de establecimiento y explotación de los cultivos de sauce recomiendan no superar los 15.000 pies/ha (Bullard et al. 2002). De forma general, en este tipo de cultivos los turnos para sauce oscilan entre 4 y 6 años (Makeschin 1999), pudiendo ser más rentable adelantar el momento de corta si el porcentaje en el que disminuye la producción de biomasa no es muy significativo (Evans 1992; Lima et al. 1999).

No hay demasiadas variaciones respecto a las técnicas de preparación del suelo. En general, se cita el arado y subsolado ocasionalmente como métodos óptimos, seguidos de la aplicación combinada de técnicas químicas, mecánicas o manuales (Mitchell et al 1999; Makeschin 1999). Algunos autores recomiendan la introducción de especies herbáceas anuales durante el primer año y tras el establecimiento de la masa, con el fin de reducir las pérdidas de nutrientes y la erosión del suelo (Jug et al., 1999).

Respecto al diseño y técnicas de plantación, el método de doble línea sueco (Fig.1) es el más utilizado, cuyas dimensiones dependen exclusivamente de la densidad seleccionada (Mead, 2005). La plantación se hace con estaquillas, con plantadoras mecánicas específicamente diseñadas para este tipo de material vegetal cuando la superficie es grande y la fisiografía del terreno lo permite, y de forma manual en caso contrario (Agroblansle AB, 2006).

La aplicación de pequeñas dosis de fertilizantes en la fase de establecimiento puede aportar a corto plazo buenos resultados (Neuhauser, 1996, Mead 2005), especialmente en las estaciones menos fértiles, siendo los resultados menos importantes cuando los cultivos se establecen sobre tierras agrícolas (Mitchell et al, 1999).

- **Cultivos energéticos herbáceos**

La agroenergética posibilita una nueva opción en la agricultura tradicional. El sector agrícola esta acogiendo con gran agrado esta iniciativa que, en un próximo futuro, significara un porcentaje notable de su actividad.

A diferencia de los cultivos leñosos el fin principal de los cultivos herbáceos es la producción de biocombustibles líquidos, tales como bioetanol (remolacha, pataca, caña de azúcar, sorgo azucarero, cebada, trigo) o biodiesel (colza, girasol, carinata). El estudio de dichos cultivos se encuentra más desarrollado debido a la anualidad de su producción, y por tanto mayor facilidad para su estudio y extracción de resultados que en el caso de los cultivos energéticos leñosos.

Como proyecto a destacar se encuentra el proyecto Bioelectricity Crops, en el que se agruparon diferentes instituciones, entre ellas el CIEMAT, ITG – Agrícola (Gobierno de Navarra) o SoriActiva[7].

Las experiencias en producción de biomasa sólida son menores, centrándose en el cultivo de cardo *(Cynara cardunculus*), caña común (*Arundo donax*), miscanto (*Miscanthus giganteus*), sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*) o carinata (*Brassica carinata*). El cultivo del cardo (especie perenne) se perfilaba hace unos años como una interesante alternativa para los agricultores, pero el paso del tiempo ha puesto de manifiesto que tal vez las expectativas depositadas en esta especie eran en exceso optimistas, teniendo en cuenta algunas de las dificultades con las que en determinadas zonas ha tenido su cultivo (excesivo número de marras con el paso del tiempo con la consiguiente pérdida de producción, plagas, producciones un tanto optimistas para la climatología española).

En las tablas resumen que se presentan más adelante, se citan producciones de diferentes experiencias, pero estableciendo un orden de magnitud se sitúan alrededor de 10 a 20 t m.s/ha.

Cabe destacar el futuro desarrollo del denominado Proyecto piloto de investigación de cultivos energéticos para biomasa en Andalucía, mediante el cual se pretende aunar las distintas investigaciones llevadas a cabo en la actualidad por entes privados y públicos bajo un único marco de modo que se extraigan resultados conjuntos. Dicho proyecto cuenta con el apoyo de la Agencia Andaluza de la Energía y en él participan 17 socios (15 privados): Coesagro SCA, Acciona Energía SA y

[7] http://www.soriactiva.com/Biodiversidad/jornadas1.htm

Viento y Energía SL (dedicados a cultivos energéticos herbáceos), ENCE SA, Cotevisa SL, Asaja Cádiz, Valdeosera SL, Biomasa del Condado SL, Agrobiomasas del Sur, CCRR Valle Inferior del Guadalquivir y Asociación Choperos Granada (interesados especialmente en cultivos energéticos leñosos) y Ifapa, DAP SA, Hacienda de Sortes, Montealto, Agroquivir SCA y CIT Adesva (tanto cultivos energéticos herbáceos como leñosos).

En las siguientes tablas se resumen los datos obtenidos de las diferenes experiencias sobre cultivos energéticos (tanto leñosos como herbáceos) llevadas a cabo.

Producciones de eucalipto en el suroeste:

Suelo	edad	Calidad I		Calidad II		Calidad III		Calidad IV	
		Ho=16 m (9 años)		Ho=13 m (9 años)		Ho=10 m (9 años)		Ho=7 m (9 años)	
		VT	CM	VT	CM	VT	CM	VT	CM
Arenas	3	4,0	1,33	1,5	0,50	0,7	0,23	0,3	0,10
	6	28,7	4,78	13,7	2,28	6,2	1,03	2,7	0,45
	9	73,8	8,20	39,5	4,39	18,6	2,07	7,3	0,81
	12	125,1	10,43	75,4	6,28	35,7	2,98	13,0	1,08
	15	176,3	11,75	115,7	7,71	57,2	3,81	18,9	1,26

Suelo	edad	Calidad I		Calidad II		Calidad III		Calidad IV		Calidad V	
		Ho=20 m (9 años)		Ho=17 m (9 años)		Ho=14 m (9 años)		Ho=11 m (9 años)		Ho=8 m (9 años)	
		VT	CM	VT	CM	VT	CM	VT	CM	VT	CM
Pizarras	3	3,9	1,30	2,0	0,67	1,4	0,47	0,8	0,27	0,6	0,20
	6	45,7	7,62	24,5	4,08	13,3	2,22	5,8	0,97	2,7	0,45
	9	145,6	16,18	85,6	9,51	45,0	5,00	21,0	2,33	7,9	0,88
	12	277,3	23,11	176,2	14,68	91,6	7,63	44,7	3,73	15,0	1,25
	15	417,8	27,85	278,5	18,57	147,3	9,82	73,7	4,91	23,0	1,53

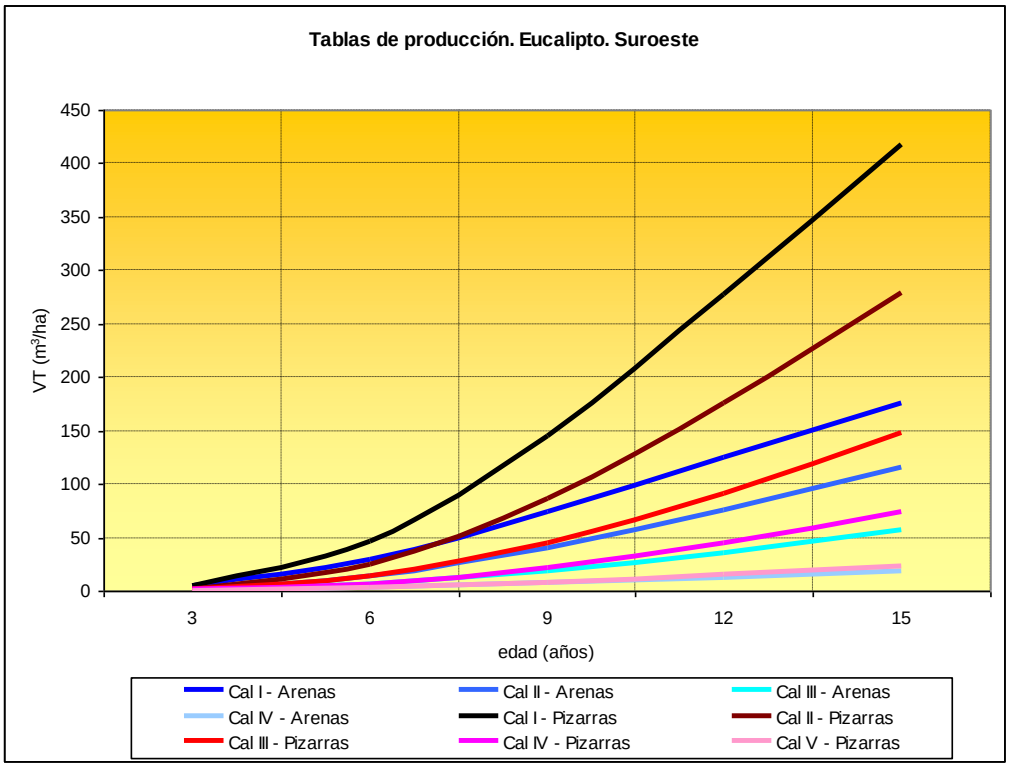


Ilustración 32. Producciones de eucalipto en el suroeste

Para el norte son las tablas de producción publicadas elaboradas por Fernández López (1982)8, proporcionan producciones tanto en el primer corte (brinzales) como en los sucesivos (chirpiales), aportando el volumen total (el que se aporta a continuación) y no solamente el maderable:

1. Caso de densidades elevadas

Norte	edad	Calidad I		Calidad II		Calidad III		Calidad IV	
		Ho=27 m (10 años)		Ho=23 m (10 años)		Ho=19 m (10 años)		Ho=15 m (10 años)	
		VT	CM	VT	CM	VT	CM	VT	CM
Brinzales	6	234,0	39,00	156,0	26,00	96,0	16,00	53,0	8,83
	8	319,0	39,88	217,0	27,13	138,0	17,25	79,0	9,88
	10	408,0	40,80	279,0	27,90	180,0	18,00	107,0	10,70
	12	485,0	40,42	337,0	28,08	223,0	18,58	134,0	11,17
	14	563,0	40,21	396,0	28,29	264,0	18,86	163,0	11,64
	16	631,0	39,44	452,0	28,25	304,0	19,00	188,0	11,75

[8] Fernández López, A. 1982. *Evaluación del crecimiento y productividad del monte bajo de* Eucalyptus globulus *en rotaciones sucesivas*. Premio de la Excelentísima Diputación de Pontevedra. (inédito)

Norte	edad	Calidad I		Calidad II		Calidad III		Calidad IV	
		Ho=27,9 m (10 años)		Ho=25,2 m (10 años)		Ho=22,5 m (10 años)		Ho=19,9 m (10 años)	
		VT	CM	VT	CM	VT	CM	VT	CM
Chirpiales	6	181,0	30,17	138,0	23,00	103,0	17,17	74,0	12,33
	8	302,0	37,75	231,0	28,88	172,0	21,50	121,0	15,13
	10	416,0	41,60	316,0	31,60	233,0	23,30	164,0	16,40
	12	510,0	42,50	391,0	32,58	288,0	24,00	202,0	16,83
	14	597,0	42,64	456,0	32,57	337,0	24,07	234,0	16,71
	16	670,0	41,88	505,0	31,56	373,0	23,31	263,0	16,44

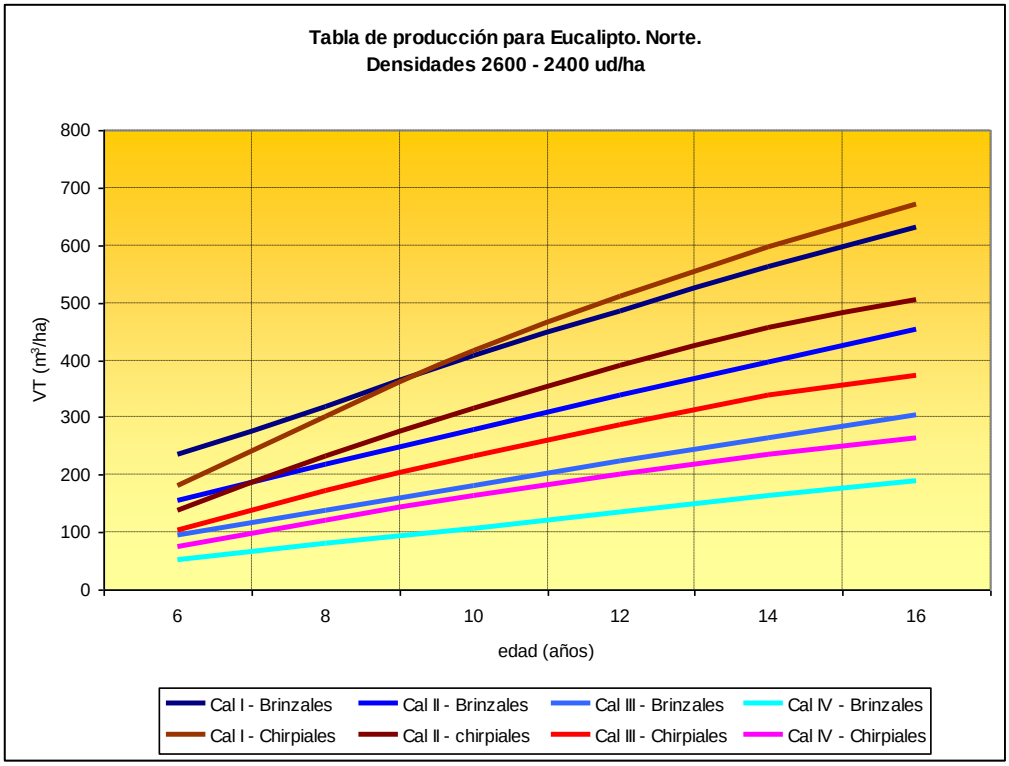


Ilustración 33. Producciones de eucalipto en el norte

2. Caso de densidades menores:

Norte	edad	Calidad I		Calidad II		Calidad III		Calidad IV		Calidad V	
		Ho=26 m (10 años)		Ho=23 m (10 años)		Ho=20 m (10 años)		Ho=17 m (10 años)		Ho=14 m (10 años)	
		VT	CM	VT	CM	VT	CM	VT	CM	VT	CM
Marco 2,5 x 2,5 1.600 ud/ha	7	139,0	19,86	103,0	14,71	74,0	10,57	50,0	7,14	31,0	4,43
	10	308,0	30,80	229,0	22,90	164,0	16,40	110,0	11,00	69,0	6,90
	13	477,0	36,69	353,0	27,15	251,0	19,31	170,0	13,08	106,0	8,15
	16	628,0	39,25	464,0	29,00	329,0	20,56	222,0	13,88	139,0	8,69

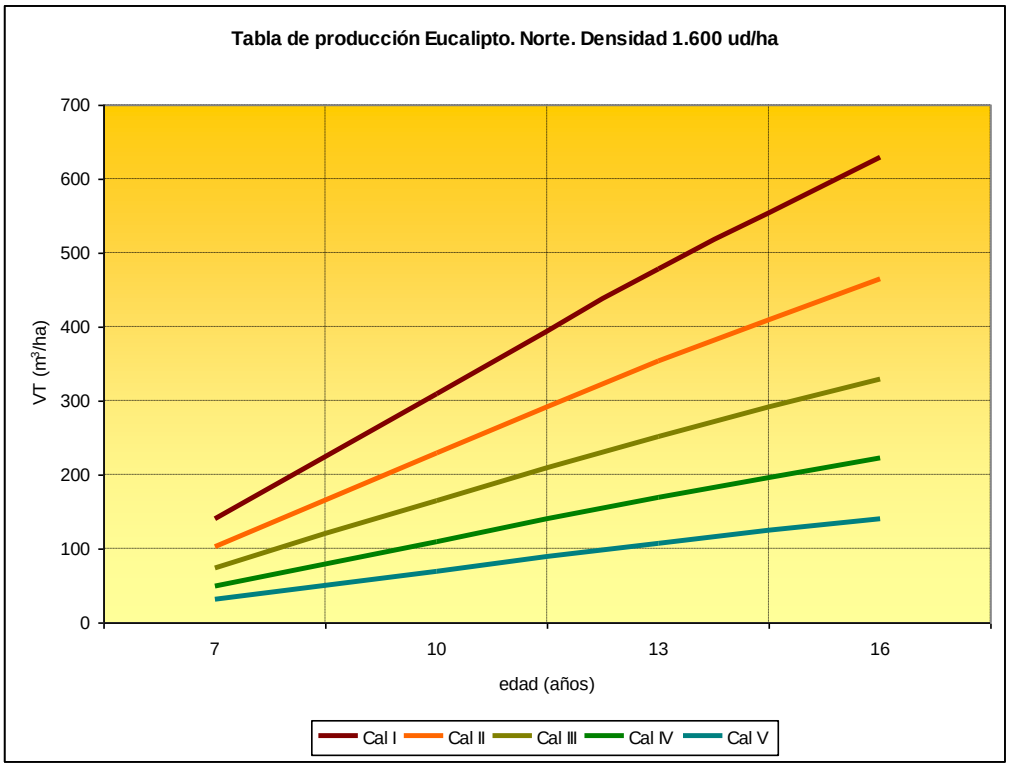


Ilustración 34. Producciones de eucalipto en el norte

Norte	edad	Calidad I		Calidad II		Calidad III		Calidad IV		Calidad V	
		Ho=26 m (10 años)		Ho=23 m (10 años)		Ho=20 m (10 años)		Ho=17 m (10 años)		Ho=14 m (10 años)	
		VT	CM	VT	CM	VT	CM	VT	CM	VT	CM
Marco 3 x 3 1.111 ud/ha	7	116,0	16,57	84,0	12,00	56,0	8,00	37,0	5,29	21,0	3,00
	10	279,0	27,90	201,0	20,10	139,0	13,90	90,0	9,00	54,0	5,40
	13	447,0	34,38	323,0	24,85	223,0	17,15	145,0	11,15	87,0	6,69
	16	600,0	37,50	433,0	27,06	299,0	18,69	195,0	12,19	116,0	7,25

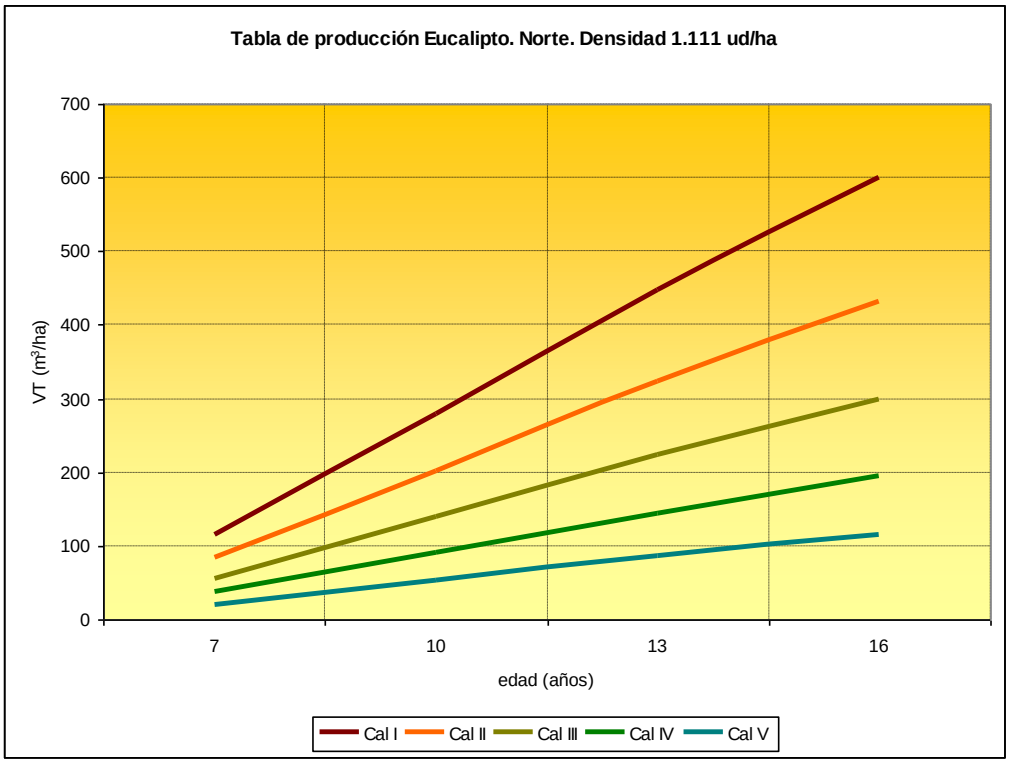


Ilustración 35. Producciones de eucalipto en el norte

Especie	Zona preferente de cultivo en la UE	Producción de biomasa t m.s./ha y año			Observaciones
		Mínima	Media	Máxima	
Sauce (*Salix spp*)	Norte	6	8	12	Climas templado - fríos Necesidad de agua en contacto con las raíces permanentemente Tolera suelos arcillosos
Chopo (*Populus spp*)	Centro-Sur	8	20	30	Climas templados Necesidad de humedad en suelo: riegos Amplitud edáfica
Eucalipto (*Eucalyptus spp*)	Sur	8	10	15	Climas templado - cálidos No tolera heladas No tolera suelos arcillosos Producción variable según humedad
Sorgo dulce (*Sorghum bicolor L*)	Sur- Centro	12	20	45	Herbácea vivaz No tolera heladas Resistente a la sequía pero con exigencia en precipitaciones medias - altas para producción elevada
Brassica carinata(1)	Sur	3	5 (6,5)	17	Herbácea anual Climas templado - cálidos No tolera heladas Precipitaciones bajas - medias
Cardo (*Cynara cardunculus L)*	Sur	8	15	35	Herbácea vivaz Pluviometría media - alta (>450 mm de otoño a primavera)
Phalaris arundinacea	Norte-Centro	7	10	13	Herbácea anual Climas templado - cálidos

Especie	Zona preferente de cultivo en la UE	Producción de biomasa t m.s./ha y año			Observaciones
		Mínima	Media	Máxima	
					Pluviometría media - baja
Miscanthus spp(2)	Centro-Sur	4	25	44	Herbácea vivaz Propagación por rizomas Pluviometría alta o riegos
Caña común *(Arundo donax)*	Centro-Sur	3	25	37	Herbácea vivaz Lugares con humedad permanente o encharcados Climas templados

http://www.itga.com/biocombustibles/Sesion%201%20Ponencia%202%20Alberto.pdf
http://www.itga.com/biocombustibles/Sesion%202%20Ponencia%204%20Joaquin%20A.pdf

http://bioenergy.ornl.gov/reports/miscanthus/toc.html

En cuanto a costes, se pueden citar los siguientes ejemplos[9]:

Fuente	Especie	Costes del cultivo €/ha		Producción	Ayudas €/ha		Costes finales con ayudas €/ha	
		(1)	(2)	t m.s./ha	Cultivo industrial	Cultivo energético	(1)	(2)
Valoriza energía	Sorgo forrajero	1193,80	743,80	60	315	45	883,80	383,80
ITG - Agrícola	*Brassica carinata*	967,692	517,62	(6) - 11 - 15-(20)	315	45	607,62	157,62

Con costes de arrendamiento del suelo

Sin costes de arrendamiento del suelo

Lo que supone unos costes, considerando la existencia de ayudas y costes de arrendamiento de suelo, de unos 14 €/t para el sorgo forrajero y de entre 40 y 55 €/t para *Brassica carinata*.

[9] Instituto de Estudios de la Energía - CIEMAT. Alberto Lafarga - ITG - Agrícola. 2005.*Brassica* como cultivo energético. En: Curso "Situación actual y futuro de la biomasa", 19 - 23 Septiembre, 2005. Madrid.

ANEXO II. Técnicas de producción utilizadas: desarrollo de los itinerarios selvícolas o de cultivo para la producción de cultivos energéticos y los sistemas de selvicultura y aprovechamiento para los restos forestales.

ANEXO II.1 Aprovechamiento de restos forestales

***Pinus halepensis* Mill.**

LOCALIZACIÓN: Los límites latitudinales de la especie van de los 31º N a los 45º N, por toda la región costera mediterránea, desde Anatolia hasta la península Ibérica y desde el Norte de África al Languedoc y la Provenza francesas. En España abunda en las Islas Baleares, todas las provincias de la costa mediterránea más Lérida, Aragón, Guadalajara, Cuenca, Albacete y Jaén.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: Ocupa una superficie aproximada de **1.500.000** ha. El 23% está en la Comunidad Valenciana, el 19% en Cataluña y el 14% en Castilla-La Mancha.

TRATAMIENTO SELVÍCOLA: El mantenimiento de las masas de *Pinus halepensis* Mill. Bajo la forma principal de masa irregular ha generado controversia entre los gestores de los pinares de pino carrasco. Los principales inconvenientes que plantea la gestión de las masas de acuerdo a este tipo de estructura son:

- Temperamento intolerante de la especie, que favorece la instalación de regenerados regulares e incluso, en el caso post-incendio, coetáneos y dificulta la supervivencia y desarrollo las plántulas emergidas bajo la cobertura del estrato adulto.
- Mayor coste e intensidad de gestión de las masas irregulares.
- Continuidad vertical del combustible por la presencia de distintos estratos, lo que favorece la propagación del fuego salvo en el caso de irregularidad `por bosquetes de gran tamaño y calidad.

Frente a estos argumentos el mantenimiento de estructuras irregulares presenta notables ventajas en la gestión de masas con interés protector:

- En zonas de alto riesgo de pérdida de suelo por erosión hídrica, con masas de vocación protectora preferente, se mantiene una cobertura vegetal permanente sobre el suelo.
- Mantenimiento de una producción constante de piña y semilla como garantía de regeneración frente al incendio.
- Interés paisajístico y recreativo de las masas irregulares.

En numerosas estaciones mediterráneas existen masas naturales de *Pinus halepensis* que presentan una estructura compleja o pluriestratificada, resultado conjunto de perturbaciones naturales (incendio) y acción humana (pastoreo), y cuya gestión y mantenimiento requiere del planteamiento de esquemas específicos.

El sistema tradicional de gestión en este tipo de masas, aunque debe ser evitado, ha sido la aplicación de las denominadas **cortas por huroneo anti-selvícola**, intervenciones espaciadas por un periodo de 15-20 años, en las que la única operación realizada era la extracción de pies que alcanzaban un diámetro normal superior a 25cm. Este tipo de tratamiento dificultaba la regeneración y el desarrollo de los individuos jóvenes, puesto que no se abrían huecos en los estratos inferiores de la masa. La aplicación repetida de la estas cortas tiende a la regularización de la y degradación de la masa, puesto que se provocaba una selección negativa en los individuos, al mantener el pie durante tiempo indefinido los perores fenotipos, que en el caso habitual de ocurrencia de incendio eran los que se reproducían (Bedel 1986). A continuación se presenta el modelo de intervención en función de la titularidad del monte entendiendo que el modelo descrito anteriormente de huroneo antisevícola es el más utilizado en los montes privados donde se busca el objetivo de producción y en el caso de montes públicos un tratamiento más adecuado sería cortas por aclareo sucesivo.

Monte privado

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m^3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m^3)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Pinus halepensis	24	Entresaca cada 20 años	20	250	28	9	x	28	9	62,5	23,63	49,16

Especie	cod	Intervención	Edad	PP maderable anual (m^3/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Pinus halepensis	24	Entresaca cada 20 años	20	3,13	1,1815	2,458	2,458	2,15	4,47	0,58	1,20

Monte público

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m^3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m^3)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Pinus halepensis	24	clareo desbroce	27	1200	7,00	4,80	32,27	7,00	4,80	10,76	2,75	2,75
Pinus halepensis	24	1ª clara	50	900	13,45	7,85	55,17	11,90	6,20	21,05	5,30	11,87
Pinus halepensis	24	2ª clara	75	500	25,15	11,45	115,19	23,00	10,00	40,75	12,04	25,46
Pinus halepensis	24	1 aclareo	110	300	36,80	15,00	182,99	36,80	14,50	118,06	35,32	71,94

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m³)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m³)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Pinus halepensis	24	2º aclaro(corta final)	130	100	42,55	15,89	85,55	42,55	15,89	85,55	24,55	49,45

Especie	cod	Intervención	Edad	PP maderable anual (m³/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Pinus halepensis	24	clareo desbroce	27	0,25	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,01	0,01
Pinus halepensis	24	1ª clara	50	0,42	0,04	0,09	0,09	0,07	0,17	0,02	0,04
Pinus halepensis	24	2ª clara	75	0,89	0,09	0,09	0,20	0,17	0,17	0,05	0,05
Pinus halepensis	24	1 aclareo	110	1,41	0,27	0,27	0,55	0,49	0,49	0,13	0,13
Pinus halepensis	24	2º aclaro(corta final)	130	0,66	0,19	0,19	0,38	0,34	0,35	0,09	0,09
		TOTAL		3,62	0,62	0,67	1,24	1,12	1,21	0,30	0,32

Fuentes:

- ✓ Agroseguros. Comunicación personal.
- ✓ 1º Inventario Forestal Nacional (Fórmulas de cubicación).
- ✓ Serrada, R., Montero, G., & Reque, J. A. (2008). *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. Madrid: Insitituo Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia.
- ✓ Datos de Biomasa obtenidos del libro "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles .Monografías INIA: Series forestal, nº 13_2005G.*Montero, R.Ruiz-Peinado, M.Muñoz*.

***Pinus pinea* L.**

LOCALIZACIÓN: Su área natural está comprendida entre los paralelos 30º y 45º N y los meridianos 28º O y 38º E. Se extiende por los países ribereños del Mediterráneo, desde Portugal hasta el Sur del Mar Negro. En **España** es frecuente en el Centro, Este y Sur, aunque su distribución natural es fuente de controversia.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: Ocupa una superficie de **480.000 ha** en España muy repartidas, abundando en Huelva (30%) y en Valladolid (10%).

TRATAMIENTO SELVICOLA: El método de cortas a hecho sobre tranzones de gran superficie seguidas de regeneración artificial mediante siembra o plantación se ha aplicado hasta 1975-1980 en numerosos pinares de la meseta norte y del Sur de Huelva. Durante el último cuarto del siglo XX este método fue perdiendo importancia paulatinamente.

Pinus pinea es una especie capaz de regenerarse de forma natural por cortas a hecho en todas aquellas estaciones que donde no existen dificultades provocadas por excesiva pedregosidad, exposiciones de solana… por lo que la aplicación de este tratamiento se limita a zonas en las cuales no haya posibilidad de erosión y degradación del suelo tras la intervención. La dificultad se presenta en la elección del tamaño de los tranzones ya que la semilla del pino piñonero es grande y pesada por lo que la dispersión de la misma por el viento es difícil.

El método de cortas por aclareo sucesivo es, en la actualidad, el más utilizado para lograr la regeneración natural en las masas de esta especie.

A continuación se presenta un esquema de cortas por aclareo sucesivo. De un modo genérico se parte una plantación de 800 pies/ha. A los 40 años se hace una primera clara de la cual por tener un diámetro medio menos de 25 cm consideraremos la biomasa total de árbol (una vez se supera este diámetro el aprovechamiento es de madera de sierra). En esta clara se extrae alrededor del 35% de las existencias, siempre

escogiendo los árboles en peor condiciones. Por lo tanto el número de pies se reduce alrededor de un 40%.

A los 70 años se realiza una segunda clara y se extrae el mismo porcentaje que el anterior. A los 110 años se empiezan las cortas de regeneración esto implica una extracción del 50% del total. El turno llega a su fin a los 135 años donde se extrae la totalidad de los pies excepto un número reducido de pies para que rompan la continuidad de la futura masa.

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h dom (m)	V total (m^3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m^3)	Biomasa residual (t)	Biomasa total (t)
Pinus pinea	23	clareo	15	1200	7	5	32	7	6	8	5,228	5,228
Pinus pinea	23	1ª Clara	40	800	21,40	8,10	114,25	19,00	7	40,00	34,99	58,87
Pinus pinea	23	2ª Clara	70	400	30,00	12,10	179,50	30,00	10	62,83	51,23	89,07
Pinus pinea	23	1ªcorta de regeneración	110	200	42,00	15,81	188,18	42,00	14	94,09	56,43	100,68
Pinus pinea	23	Corta final	135	100	49,50	17,90	71,09	49,50	17	71,09	82,94	149,94

Especie	cod	Intervención	Edad	PP maderable anual (m^3/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Pinus pinea	23	clareo	15	0,06	0,04	0,04	0,04	0,07	0,07	0,02	0,02
Pinus pinea	23	1ª Clara	40	0,30	0,26	0,44	0,44	0,47	0,79	0,13	0,21
Pinus pinea	23	2ª Clara	70	0,47	0,38	0,38	0,66	0,69	0,69	0,18	0,18
Pinus pinea	23	1ªcorta de regeneracion	110	0,70	0,42	0,42	0,75	0,76	0,76	0,20	0,20
Pinus pinea	23	Corta final	135	0,53	0,61	0,61	1,11	1,12	1,12	0,30	0,30
		TOTAL		2,04	1,71	1,89	2,99	3,11	3,43	0,83	0,91

Fuentes:

- ✓ TABLA IV.4. Tabla de producción de madera y piña para *Pinus pinea* L. Selvicultura intensiva (SDI=200). Calidad 17 y 13. Compendio de Selvicultura.
- ✓ TABLA IV.5. Tabla de producción de madera y piña para *Pinus pinea* L. Selvicultura moderada (SDI=700). Calidad 17 y 13. Compendio de Selvicultura.
- ✓ Montero, G., Ruíz-Peinado, R., & Muñoz, M. (2005). *Prodcución de biomasa y fijación por los bosques españoles*. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia.

***Pinus nigra*. *Arn sbsp*. *Laricio* (Poiret) Maire**

LOCALIZACIÓN: El taxón *Pinus nigra* Arn. habita desde el Cáucaso hasta España y desde Chipre, norte de África hasta Austria y Bulgaria. En longitud va desde los 5º O hasta los 35ºE y en latitud desde 48º hasta los 35º N. Dentro del taxón, la forma hispánica la encontramos en la serranía de Cuenca, sistema Central y cordilleras Béticas. La variedad pirenaica de Pinus nigra Arn. subespecie salzmannii se extiende por Cataluña, Castellón (noroeste de la provincia, San Juan de Peña Golosa), Aragón (Prepirineo y Pirineo de Huesca), sur de Francia y de forma relíctica al norte del Sistema Ibérico (Soria-Burgos). La frontera artificial entre las dos variedades se sitúa en el río Turia.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: El taxón ocupa en España una superficie de **870.000 ha**.

TRATAMIENTO SELVÍCOLA: En sus niveles ecológicos óptimos el pino laricio forma masas puras muy densas e intermedias entre las dominadas por el pino silvestre. En la actualidad el diferenciador de la estructura selvícola viene dado por el régimen de propiedad:

- La gestión tradicional de la mayor parte de las fincas privadas ha sido como masa irregular, con una acusada tendencia al huroneo y a las cortas diamétricas (Pita, 1995).
- En los montes de gestión pública la tendencia desde 1940 ha sido la de regularizar las masas, aplicando ordenaciones por tramos permanentes con aclareo sucesivo uniforme, turnos de 120 años y periodos de regeneración de 30.

Tratamientos selvícolas en régimen de masa irregular

Es importante resaltar que en la gestión de masas irregulares nunca hay un único modelo idóneo u óptimo.

El tipo de gestión irregular se estima en este informe viable para la gestión de de montes privados con carácter productor por lo que se cree que es posible que se desarrolle con esta especie un modelo de gestión como el que se aplica hoy en día el *Pinus halepensis,* es decir, cortas por huroneo anti-selvícola .

Tratamientos selvícolas en régimen de masa regular

En los últimos años los daños provocados por los incendios, la falta de rentabilidad en algunas fincas y el abandono de las intervenciones selvícolas tradicionales han propiciado la aparición de estructuras de bosque regulares normalmente por regeneraciones naturales masivas. Este hecho no es nada extraño, pues es la tendencia natural de esta especie.

Se trata a monte alto (la regeneración es natural por semilla), realizando 1 aclareo y dos claras antes de hacer la corta final, que se realiza mediante aclareos en un periodo de alrededor 20 años, en varias cortas (normalmente dos), la primera dejando los árboles padre que produzcan la semilla necesaria para la regeneración natural.

La tendencia de esta especie es quizás aumentar el periodo de regeneración, dado que suele ser frecuente la falta de regenerado.

Monte Privado

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m^3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m^3)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Pinus nigra sbsp laricio	25	entresaca cada 20 años	20	250	25	8	46,25	25	8	46,25	17,62	51,57

Especie	cod	Intervención	Edad	PP maderable anual (m^3/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Pinus nigra sbsp laricio	25	entresaca cada 20 años	20	2,31	0,88	0,88	2,58	1,60	1,60	0,434	0,434

Monte público

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m^3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m^3)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Pinus nigra sbsp laricio	25	clareo desbroce	27	1200	7,00	4,80	11,87	7,00	4,80	2,97	2,52	2,52
Pinus nigra sbsp laricio	25	1ª clara	50	900	22,00	9,50	138,77	20,00	8,00	48,57	15,96	47,07
Pinus nigra sbsp laricio	25	2ª clara	75	500	29,00	11,00	174,38	27,00	9,50	52,32	17,15	50,07
Pinus nigra sbsp laricio	25	1 aclareo	110	300	37,00	13,00	195,40	37,00	12,50	128,96	38,31	110,62
Pinus nigra sbsp laricio	25	2º aclaro(corta final)	130	100	40,00	13,50	78,35	40,00	13,00	78,35	23,37	67,29

Especie	cod	Intervención	Edad	PP maderable anual (m^3/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Pinus nigra sbsp laricio	25	clareo desbroce	27	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,010	0,010
Pinus nigra sbsp laricio	25	1ª clara	50	0,37	0,12	0,36	0,36	0,22	0,66	0,060	0,178
Pinus nigra sbsp laricio	25	2ª clara	75	0,40	0,13	0,13	0,39	0,24	0,24	0,065	0,065
Pinus nigra sbsp laricio	25	1 aclareo	110	0,99	0,29	0,29	0,85	0,54	0,54	0,145	0,145
Pinus nigra sbsp laricio	25	2º aclaro(corta final)	130	0,60	0,18	0,18	0,52	0,33	0,33	0,088	0,088
		TOTAL		2,39	0,75	0,99	2,14	1,36	1,80	0,37	0,49

Fuentes:

- ✓ Agroseguros. Comunicación personal.
- ✓ 1º Inventario Forestal Nacional (Fórmulas de cubicación).
- ✓ Serrada, R., Montero, G., & Reque, J. A. (2008). *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. Madrid: Insitituo Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia.
- ✓ Datos de Biomasa obtenidos del libro "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles .Monografías INIA: Series forestal, nº 13_2005G.*Montero, R.Ruiz-Peinado, M.Muñoz*.

Pinus sylvestris

LOCALIZACIÓN: Desde 8º de longitud oeste, en Portugal hasta 140º longitud E en Siberia y desde 70º latitud N en Noruega hasta 37º N en Sierra Nevada. En España en pirineo, Sistema Ibérico, Sistema Central, Cantábrica (LE y P), Maestrazgo, Sierra Nevada y Sierra de Baza.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: Ocupa una superficie aproximada de **1.140.000 ha** en masas donde es la especie dominante. Mayor presencia en Aragón (25%), Castilla y León (23%) y Cataluña (16%).

TRATAMIENTO SELVÍCOLA: Teniendo presentes los principales factores que afectan a la regeneración natural de *Pinus sylvestris*, los aclareos sucesivos en sus distintas modalidades son generalmente los métodos de regeneración que mejor se adaptan a la especie. La necesidad de una ligera cubierta para la instalación y primer desarrollo de pino silvestre en ámbitos mediterráneos obliga a mantener parte de esta masa adulta en esta fase de la regeneración, Para posteriormente poner en luz el regenerado en la fase de establecimiento y eliminar la competencia con el árbol adulto. Dentro de los aclareos sucesivos el tratamiento más habitualmente aplicado es el aclareo sucesivo uniforme, en parte debido a su sencillez, siendo el tratamiento más lógico para aquellas masas con un objetivo principal productor o productor-protector con pocas restricciones

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m^3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m^3)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Pinus sylvestris	21	clareo	23	1400	7	4,8	20,23	7	4,8	7,22	4,605	4,605
Pinus sylvestris	21	1ª Clara	45	900	24	10	182,28	22	9,3	63,80	18,27	58,37
Pinus sylvestris	21	2ª Clara	70	500	33	14	265,69	31	12	79,71	15,99	66,74
Pinus sylvestris	21	1 aclareo	100	300	43	15,5	297,23	43	15,5	196,17	23,82	146,95
Pinus sylvestris	21	corta final	120	100	47	16	124,57	47	16,5	124,57	12,73	91,06

Especie	cod	Intervención	Edad	PP maderable anual (m^3/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Pinus sylvestris	21	clareo	23	0,06	0,04	0,04	0,04	0,07	0,07	0,02	0,02
Pinus sylvestris	21	1ª Clara	45	0,53	0,15	0,49	0,49	0,28	0,88	0,08	0,25
Pinus sylvestris	21	2ª Clara	70	0,66	0,13	0,13	0,56	0,24	0,24	0,07	0,07
Pinus sylvestris	21	1 aclareo	100	1,63	0,20	0,20	1,22	0,36	0,36	0,10	0,10
Pinus sylvestris	21	corta final	120	1,04	0,11	0,11	0,76	0,19	0,19	0,05	0,05
		TOTAL		3,93	0,63	0,96	3,06	1,14	1,75	0,32	0,49

Fuentes:

- ✓ 1º Inventario Forestal Nacional (Fórmulas de cubicación).
- ✓ Serrada, R., Montero, G., & Reque, J. A. (2008). *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. Madrid: Insitituo Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia.
- ✓ Datos de Biomasa obtenidos del libro "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles .Monografías INIA: Series forestal, nº 13_2005G.*Montero, R.Ruiz-Peinado, M.Muñoz*.

Pinus pinaster

Pinus pinaster Ait. Mesogeensis

LOCALIZACIÓN: A lo largo de la costa mediterránea de Francia, Baleares, Córcega, Cerdeña, Italia, Malta y Sicilia, norte de Marruecos y en algunos puntos costeros de la antigua Yugoslavia. En España la encontramos en Centro, Levante y Sur.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: *Pinus pinaster* Ait es la segunda especie arbórea en extensión superficial en España, donde ocupa en masas monoespecíficas una superficie próxima a 1.060.000 ha, aunque está en presente en mezcla con otras especies en 620.00 ha adicionales (DGCONA,2000).Esa cifra total está constituida tanto por pinares naturales como por repoblaciones, ya que se tratad e una especie con la se ha reforestado una mayor superficie en España, parte de las cuales sin embargo se han perdido por incendios. Se puede decir que es la única especie presente en casi todas las provincias españolas exceptuando las islas. El 22% se taxón se encuentra en Castilla y León y el 13% en Castilla-La Mancha.

TRATAMIENTO SELVÍCOLA:

Se trata a monte alto (la regeneración por semilla), realizando un clareo y 2 claras antes de hacer la corta final, que se realiza mediante aclareos en un periodo de alrededor 20 años, en varias cortas (normalmente 2), la primera dejando los árboles padre que produzcan la semilla necesaria para la reproducción natural.

Pinus pinaster Arn. atlantica H. de Vill.

LOCALIZACIÓN: El taxón *Pinus pinaster* Ait. abarca de los 31º a los 46º de latitud norte y de los 9º longitud O a los 25º de longitud E.. La subespecie atlántica se distribuye por la costa atlántica de Francia, Portugal. En España en el noroeste, región cantábrica.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: En España el taxón ocupa aproximadamente 1.800.000 ha. El 39% del taxón se encuentra en Galicia.

TRATAMIENTO SELVÍCOLA:

Es un monte de repoblación, no se busca la regeneración natural por ser de crecimiento rápido. Se plantan alrededor de 1400 pies/ha , se realiza un clareo desbroce alrededor de los 15 o 20 años y normalmente una única clara antes de la corta final, que se realiza a hecho, a los 33 años de edad.

Los montes de gestionados por la Administración, además de realizar un clareo, pueden llegar a hacer tres claras a los quince, veinte y veinticinco años antes de la corta final a los 3

.

Pinus pinaster Ait. Mesogeensis

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m^3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m^3)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Pinus pinaster sbsp mesogeensis	26	clareo	15	1300	7	5	18,62	7	5	4,3	1,944	1,944
Pinus pinaster sbsp mesogeensis	26	1ª clara	35	1000	22,4	11,4	209	21	9	73,15	9,93	50,34
Pinus pinaster sbsp mesogeensis	26	2ª clara	55	500	30,9	17	292	29	16	102,20	8,07	45,07
Pinus pinaster sbsp mesogeensis	26	1 aclareo	80	300	38,7	22,1	355	38,7	22,1	234,30	15,03	92,63
Pinus pinaster sbsp mesogeensis	26	3ª clara	100	100	43,4	55,1	370	43,4	55,1	370,00	9,59	61,66

Especie	cod	Intervención	Edad	PP maderable anual (m^3/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Pinus pinaster sbsp mesogeensis	26	clareo	15	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,01	0,01
Pinus pinaster sbsp mesogeensis	26	1ª clara	35	0,73	0,10	0,50	0,50	0,18	0,92	0,05	0,25
Pinus pinaster sbsp mesogeensis	26	2ª clara	55	1,02	0,08	0,08	0,45	0,15	0,15	0,04	0,04

Especie	cod	Intervención	Edad	PP maderable anual (m³/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Pinus pinaster sbsp mesogeensis	26	1 aclareo	80	2,34	0,15	0,15	0,93	0,27	0,27	0,08	0,08
Pinus pinaster sbsp mesogeensis	26	3ª clara	100	3,70	0,10	0,10	0,62	0,17	0,17	0,05	0,05
		TOTAL		7,84	0,45	0,85	2,52	0,81	1,54	0,22	0,43

Pinus pinaster Arn. atlantica H. de Vill.

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m³)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m³)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Pinus pinaster sbsp atlantica	26	1ª clara	17	1100	18	9,7	131	17,5	7,5	46	7,76	37,69
Pinus pinaster sbsp atlantica	26	2ª clara	24	550	27	12,5	165	25	11	50	6,42	34,23
Pinus pinaster sbsp atlantica	26	corta final	33	330	30	15	146	30	15	146	14,33	80,94

Especie	cod	Intervención	Edad	PP maderable anual (m³/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Pinus pinaster sbsp atlantica	26	1ª clara	17	1,39	0,24	1,14	1,14	0,43	2,08	0,12	0,57
Pinus pinaster sbsp atlantica	26	2ª clara	24	1,52	0,19	0,19	1,04	0,35	0,35	0,10	0,10
Pinus pinaster sbsp atlantica	26	corta final	33	4,42	0,43	0,43	2,45	0,79	0,79	0,22	0,22

Especie	cod	Intervención	Edad	PP maderable anual (m³/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
		TOTAL		7,33	0,86	1,77	4,63	1,57	3,22	0,43	0,89

Fuentes:

- ✓ Tabla de producción de selvicultura multiproducto de *Pinus pinaster* en Galicia calidad X y XII. (R.Rodríguez Soalleiro). Madrigal, A., Alvarez, J., & Rodriguez, R. (1999). Tablas de producción de los montes españoles. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar. 1º Inventario Forestal Nacional (Fórmulas de cubicación).
- ✓ Tabla de producción de *Pinus pinaster* en el sistema central (régimen fuerte de claras) calidad II. (J.L. García Abejón y J.A. Gómez Loranca). Madrigal, A., Alvarez, J., & Rodriguez, R. (1999). Tablas de producción de los montes españoles. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar.
- ✓ 1º Inventario Forestal Nacional (Fórmulas de cubicación).

***Pinus radiata* D.don**

LOCALIZACIÓN: Su área natural queda restringida a pequeños núcleos a lo largo de la costa del Pacífico, al sur de San Francisco (EE.UU.), entre los 35º y los 37º N. Se ha difundido mediante repoblaciones en Nueva Zelanda, Chile, El Cabo y SO de Australia. En Europa lo encontramos en el SO, y en el norte de

SUPERFICIE EN ESPAÑA: Ocupa unas 400.000 ha en nuestro país. En Asturias (11%), Galicia (12%) y País Vasco (67%).

TRATAMIENTO SELVÍCOLA: Debido al alto porcentaje de Pinus radiata en el País Vasco y la similitud del manejo de esta especie en las otras provincias, se ha decidió partir de la información de informa provisional del "*Proyecto para la realización de acciones encaminadas a evaluar y promover la utilización de biomasa forestal para la producción de energías renovables en el país vasco*. U.P.M. – BASOLANAK ELKARTEA". Es importante tener en cuenta que debido a la situación del mercado existe una fuerte tendencia a reducir las densidades de plantación, adelantar y simplificar las claras, las podas y otras actuaciones intermedias e incluso tratar de acortar los turnos por debajo de los 30 años.

Un modo de reducción de costes en la mayoría de los aprovechamiento descritos en el anterior estudio mencionado se basa en la puesta en marcha de aprovechamientos viables, en los que lo que se recoge y procesa no es el residuo de otro aprovechamiento, sino parte de un aprovechamiento integrado de madera y biomasa leñosa para uso energético.

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m³)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m³)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Pinus radiata	28	Clareo-Poda	8	1600	4	5	10,26	4	5	2,24	1,19	1,19
Pinus radiata	28	1ª clara	17	1360	10,5	12	59,07	9	10	18,04	3,89	11,12
Pinus radiata	28	2ª clara	23	760	17	16	101,07	15	14	24,60	3,70	14,76
Pinus radiata	28	3ª clara	29	510	25	20	175,46	22	18	65,20	7,65	36,75
Pinus radiata	28	Corta final	35	260	38	25	253,81	38	23	253,81	24,37	131,01

Especie	cod	Intervención	Edad	PP maderable anual (m³/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Pinus radiata	28	Clareo-Poda	8	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06	0,02	0,02
Pinus radiata	28	1ª clara	17	0,52	0,11	0,32	0,32	0,20	0,58	0,05	0,16
Pinus radiata	28	2ª clara	23	0,70	0,11	0,43	0,43	0,19	0,77	0,05	0,21
Pinus radiata	28	3ª clara	29	1,86	0,22	0,22	1,06	0,40	0,40	0,11	0,11
Pinus radiata	28	Corta final	35	7,25	0,70	0,70	3,74	1,27	1,27	0,34	0,34
		TOTAL		10,37	1,17	1,69	5,58	2,12	3,08	0,57	0,83

Fuentes:

- ✓ Tabla de producción de *Pinus radiata* en el País Vasco (régimen fuerte de claras) calidad II. (A. Madrigal y G.Toval). Madrigal, A., Alvarez, J., & Rodriguez, R. (1999). Tablas de producción de los montes españoles. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar.
- ✓ Informe provisional del "*Proyecto para la realización de acciones encaminadas a evaluar y promover la utilización de biomasa forestal para la producción de energías renovables en el país vasco*. U.P.M. – BASOLANAK ELKARTEA.
- ✓ "Unidade de Xestión Forestal Sostenible" (Pérez-Cruzado *et al.*, 2008).
- ✓ Serrada, R., Montero, G., & Reque, J. A. (2008). *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. Madrid: Insitituo Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia.

***Pinus canariensis* Sweet.**

LOCALIZACIÓN: Área natural restringida a las Islas Canarias, muy utilizado en repoblaciones. Forma bosques extensos en Gran Canaria, Tenerife, El Hierro, La Palma. Aparecen pies sueltos en La Gomera y falta en Fuerteventura y Lanzarote.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: Ocupa unas 85.000 ha. El 83% en Sta. Cruz de Tenerife.

TRATAMIENTO SELVÍCOLA: A pesar de la notable capacidad de rebrote del pino canario, la mayor parte de las masas son monte alto. D e hecho el rebrote de a partir de tocones sólo conduce a pies arbóreos si se realiza una selección de brotes. Es probable, sin embargo, que un certo número de pies de los montes incendiados procedan de rebrotes de árboles jovenes.

Es una especie netamente heliófila, de tal forma que sólo se regenra bien cuando surgen perturbaciones ,lo suficientemente intensas y por ello la selvicultura que se maneja consiste en la apertura de huecos de suficiente extensión

Atendiendo unicamente a la os factores propios de la especie que afectan a la regeneración natural, los me´todos de de regenración que mejor se adapatan a la especie son las cortas a hecho en uno o dos tiempos y los aclareos sucesivos para las masas regulares y las cortas por bosquetes para las masas irregulares Pero si se tienen en cuenta otros factores como el riesgo a la erosión, etc, la elección del método de regenración a aplicar habrá de ser más cuidadosa.

Lo más palicado son las cortas por aclareo sucesivo, en las que se agrupan las fases de cortas preparatorias y diseminatorias, extrayendo un porcentaje elevado del número de pies (hasta el 75%), tratandose por tanto de aclareos muy fuertes. Dentro de estas se tendrá en cuenta el objetivo si es productivo, más afín alos montes privados, o si es ecológico selvicola ligado a los montes públicos.

Monte privado

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m³)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m³)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Pinus canariensis	27	Clareo	25	1500	7	9	97,25	7	9	48,63	6,50	6,50
Pinus canariensis	27	1ª clara	35	750	15	12	100,20	13	10,5	28,99	12,42	12,42
Pinus canariensis	27	2ª clara	50	475	22	14,7	127,29	21	13,5	58,16	8,59	40,62
Pinus canariensis	27	1aclareo	100	225	40	18	208,82	40	18	116,01	28,18	28,18
Pinus canariensis	27	corta final	120	100	44	18,9	116,52	44	18,9	116,52	29,70	29,70

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	PP maderable anual (m³/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Pinus canariensis	27	Clareo	25	1500	0,41	0,01	0,05	0,05	0,01	0,10	0,00	0,03
Pinus canariensis	27	1ª clara	35	750	0,24	0,02	0,10	0,10	0,03	0,19	0,01	0,05
Pinus canariensis	27	2ª clara	50	475	0,48	0,07	0,07	0,34	0,13	0,13	0,04	0,04
Pinus canariensis	27	1aclareo	100	225	0,97	0,23	0,23	0,94	0,43	0,43	0,12	0,12
Pinus canariensis	27	corta final	120	100	0,97	0,25	0,25	0,97	0,45	0,45	0,12	0,12
				TOTAL	3,07	0,58	0,71	2,42	1,06	1,29	0,29	0,36

Monte público

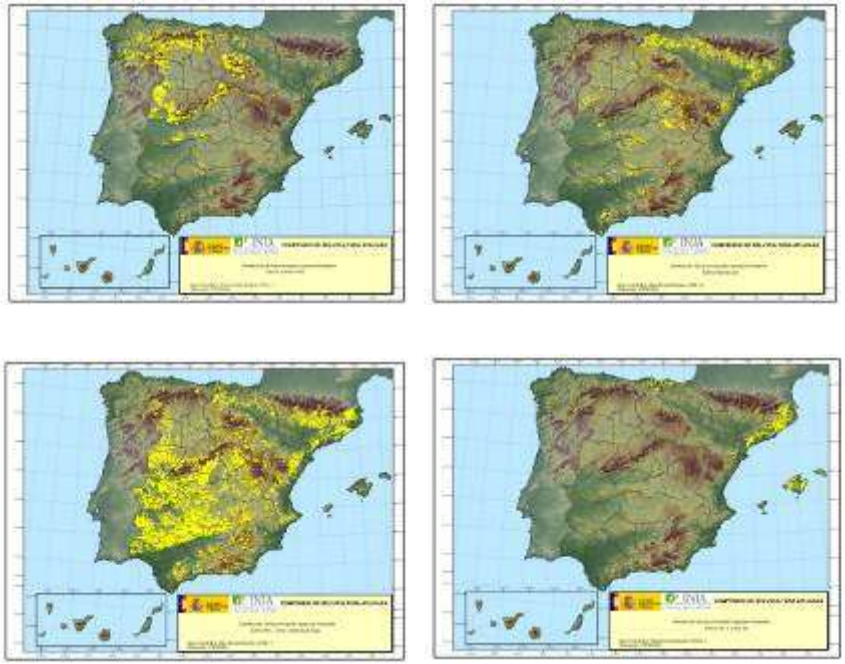
Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m^3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m^3)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Pinus canariensis	27	1º Clareo	20	1500	7	7,5	93,90	7	7,5	18,78	2,60	2,60
Pinus canariensis	27	2º Clareo	30	1200	12	11	119,55	12	11	47,32	17,33	17,33
Pinus canariensis	27	1ª clara	40	725	15	13	101,82	13,5	11	11,24	5,00	5,00
Pinus canariensis	27	2ª clara	50	625	20	14,5	142,48	18	13	35,92	3,27	16,15
Pinus canariensis	27	3ª clara	60	475	25	16,5	173,53	23,5	15	30,36	4,78	4,78
Pinus canariensis	27	4ª clara	70	375	32	17,5	223,84	31	17	82,31	16,13	16,13
Pinus canariensis	27	1aclareo	100	225	38	18	189,59	38	18	105,33	24,29	24,29
Pinus canariensis	27	corta final	120	100	42	18,9	106,63	42	18,9	106,63	25,96	25,96

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	PP maderable anual (m^3/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Pinus canariensis	27	1º Clareo	20	1500	0,16	0,00	0,02	0,02	0,01	0,04	0,00	0,01
Pinus canariensis	27	2º Clareo	30	1200	0,39	0,03	0,14	0,14	0,05	0,26	0,01	0,07
Pinus canariensis	27	1ª clara	40	725	0,09	0,01	0,04	0,04	0,01	0,08	0,00	0,02
Pinus canariensis	27	2ª clara	50	625	0,30	0,03	0,13	0,13	0,05	0,24	0,01	0,07
Pinus canariensis	27	3ª clara	60	475	0,25	0,04	0,04	0,18	0,07	0,07	0,02	0,02
Pinus canariensis	27	4ª clara	70	375	0,69	0,13	0,13	0,57	0,24	0,24	0,07	0,07
Pinus canariensis	27	1aclareo	100	225	0,88	0,20	0,20	0,82	0,37	0,37	0,10	0,10
Pinus canariensis	27	corta final	120	100	0,89	0,22	0,22	0,86	0,39	0,39	0,11	0,11
				TOTAL	3,65	0,66	0,94	2,78	1,19	1,70	0,33	0,47

Fuentes:

- ✓ 1º Inventario Forestal Nacional (Fórmulas de cubicación).
- ✓ Serrada, R., Montero, G., & Reque, J. A. (2008). *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. Madrid: Insitituo Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia.
- ✓ Datos de Biomasa obtenidos del libro "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles .Monografías INIA: Series forestal, nº 13_2005G.*Montero, R.Ruiz-Peinado, M.Muñoz*.

***Quercus pyrenaica*. Willd. *Quercus faginea*. & Lam. *Quercus ilex* L.**



LOCALIZACIÓN: **Quercus pyrenaica:** Encontramos esta especie entre los paralelos 35º N y 47º N desde el Sur de Francia hasta el NO de Marruecos, y en longitud desde los 9º O a los 3º E. En España se extiende ampliamente por todo el territorio, formando extensos montes en las dos Mesetas, Cordillera Central, Oretana y Mariánica y en los Montes de León, ocupando prefernetemante terrenos de naturaleza silícea.

Quercus faginea: Se extiende por España, Portugal, Marruecos y Argelia. La subespecie faginea se encuentra desde los 36º N en Serranía de Ronda hasta los 43º en la cuenca del Cares, en longitud desde los 9º O en Portugal hasta los 3º E en Cataluña. La subespecie broteroi va desde los 40º N en Coimbra hasta los 33º N en el Atlas Medio, en longitud desde los 9º O hasta 1º E en Argelia. En España el taxón se encuentra en todas las provincias peninsulares salvo en el NO y Baleares.

Quercus ilex: La subespecie ballota se distribuye por el Sur, centro y oeste de la península ibérica, SE Francia, Marruecos y Argelia.La subespecie ilex abarca desde Portugal a Turquía, Oeste de Marruecos, Argelia y Túnez, entre los 34º N y los 48º N. En longitud entre los 8º N (NE España) y 36ºE.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: **Quercus pyrenaica:** En España existe alrededor de unas 692.218 ha en forma monoespecífica y 516.000 ha donde se presenta formando masas mixtas tanto con coníferas como con otras frondosas. El 67% en Castilla y León, el 12% en Cáceres y el 9% en Castilla-La Mancha.

Quercus faginea: La superficie se reparte en España con un 27% en Aragón, y un 25% en Castilla-La Mancha.

Quercus ilex: Existen más de tres millones de hectáreas en el caso repartidas prácticamente por toda la Península.

TRATAMIENTO SELVÍCOLA:

Para mantener el método de beneficio de monte bajo, es necesario puntualizar que:

-Los turnos deben ser superiores a los 20-25 años (San Miguel, 1988; Gracia et al., 1999ª y 2001), para permitir que se recuperen las reservas empleadas en el rebrote posterior a las cortas y obtener un mayor porcentaje de leñas gruesas.
-Puede ser muy positivo generalizar el uso de cortas con reservas, lo que facilitaría una futura conversión a monte alto, supondría una mayor protección del suelo tras la matarrasa, disminuiría el impacto visual de las cortas y podría suponer un aumento de las rentas, si se valorase la madera de las mayores dimensiones.

A continuación se presentan dos métodos de gestión selvícola. La elección de estos dos tratamientos se basa en función de la titularidad del monte. En el caso de ser privados se estima que un 75% podría ser aprovechado mediante cortas a matarrasa mientras que los montes de carácter público llevarían a cabo un plan de resalveo.

Cortas a matarrasa. Tras la matarrasa se produce una emisión de brotes de cepa, de raíz, o de ambos, según la especie. Si antes de la de la corta la masa presentaba huecos sin presencia de chirpiales, esos huecos se van a mantener, aunque pueden ser ocupados en parte por renuevos o, más lentamente, por traslación de cepas mediante retoños. El número de recepes dependerá de la especie, longevidad y capacidad de brotación. Este tipo de tratamiento es el que se va a adoptar para los cultivos energéticos.

Plan de resalveo: En la resalvía se establecen clases artificiales de edad, de intervalo igual a t, y en un número no superior a cuatro o a cinco. Mediante el plan de resalveo se determina el número de pies que debe haber en cada clase, y por tanto el número que se deberá cortar en cada clase.

Dentro de este grupo el tipo de gestión que se plantea se han incluído el Quercus canariensis, Q.pubescens.

***Quercus canariensis*.Willd. & *Quercus pubescens* Willd**

Fuente: www.mma.es/

LOCALIZACIÓN: **<u>Quercus canariensis:</u>** Especie endémica de la región mediterránea occidental, donde se extiende en un área de distribución dispersa. Habita de forma natural en el sur de Portugal, suroeste y noreste de España, y norte de África.

<u>Quercus pubescens:</u> Habita ene l oeste centror y sur de Europa y en Asia occidental. En la Peninsula se encuentra en el Noroeste.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: <u>Quercus canariensis</u>: En la Península Ibérica; el área es muy dispersa: Cordillera Litoral Catalán (Montseny, Montnegre, La Selva, etc,), donde aparece muy desdibujada por las hibridaciones, Cordillera Mariánica, Montes de Toledo, sudoeste de Portugal (Sierra de Monchique) y sobre todo Andalucía occidental (Cádiz Málaga, Sevilla y Huelva), encontrándose sus mejores bosques en los canutos de y laderas frescas de la mitad meridional de la provincia de Cádiz.

<u>Quercus pubescens:</u> En la Península se encuentra en Cataluña, Aragón, Navarra y más escasa por el alto Ebro, principalmente en las faldas de los Pirineos y montañas próximas.

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m³)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m³)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Q. pyrenacia *Q. pubescens*	43	resalveo cada 15-20 años	17,5	1196	9,7	8,6		10,3	8,6	51,50	13,9	38

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies extr (ud/ha)	PP maderable anual (m^3/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Quercus pyrenacia Q.pubescens	43	resalveo cada 15-20 años	17,5	1196	2,94	0,79	2,17	2,17	1,44	3,95	0,36	0,99

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies extr (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m³)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m³)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Quercus faginea	44	resalveo cada 15-20 años	17,5	1196	9,7	8,6		10,3	8,6	44,28	8,39592	20,82236

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies extr (ud/ha)	PP maderable anual (m³/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Quercus faginea	44	resalveo cada 15-20 años	17,5	1196	2,53	0,48	1,19	1,19	0,87	2,16	0,22	0,54

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies extr (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m³)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m³)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Quercus canariensis	47	resalveo cada 15-20 años	17,5	1196	9,7	8,6		10,3	8,6	37,06	9,41252	37,7338

Especie	cod	Intervención	E dad	Nº de pies extr (ud/ha)	PP maderable anual (m³/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Quercus canariensis	47	resalveo cada 15-20 años	17,5	1196	2,12	0,54	2,16	2,16	0,98	3,92	0,25	0,98

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies extr (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m^3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m^3)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Quercus ilex	45	resalveo cada 15-20 años	17,5	1196	9,7	8,6		10,3	8,6	44,28	17,41376	16,96526

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies extr (ud/ha)	PP maderable anual (m^3/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)	PP maderable anual (m^3/año)
Quercus ilex	45	resalveo cada 15-20 años	17,5	1196	2,53	1,00	1,94	1,94	1,81	3,53	0,43	0,84	2,53

- ✓ Serrada, R., Montero, G., & Reque, J. A. (2008). *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. Madrid: Insitituo Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia.
- ✓ Datos de Biomasa obtenidos del libro "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles .Monografías INIA: Series forestal, nº 13_2005G.*Montero, R.Ruiz-Peinado, M.Muñoz*.
- ✓ 1º Inventario Forestal Nacional (Fórmulas de cubicación).

***Quercus suber* L.**

LOCALIZACIÓN: Se encuentra desde los 33º N a los 44º N y entre los meridianos 9º O y 15º E. Especie típicamente mediterránea la encontramos en la península Ibérica, Francia, norte de África, Córcega, Cerdeña e Italia. En España abunda en el cuadrante SO y en Gerona y NE de Barcelona.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: Ocupa unas 365.000 ha en estado puro y 110.000 ha mezclada.

TRATAMIENTO SELVÍCOLA: Es preciso mencionar los múltiplos usos y productos de los alcornocales para entender los a su vez diversos tratamiento selvícolas que puedan existir. Entre sus productos destaca el corcho, la bellota, los pastos el paisaje, la leña… . Otras de las peculiaridades de esta es que resultar una especie climácica y que hoy por hoy representa una el óptimo económico, pues parece que ni el Eucalyptus llega a superar la rentabilidad de un alcornocal bien tratado selvícolamente.

La Aplicación de la selvicultura exige que la regeneración se logre en cantidad suficiente, pero sobre todo que el regenerado sea de calidad . Hay que obtener una generación de árboles jóvenes que crezcan con vigor y rapidez Es por ello que a lo largo del turno se van a realizar constantes desbroces del matorral, a la altura de los 18 años apertura del ganado vacuno y caprino si lo hubiera.

Previo a la primera clara se realizara el desbornizamiento a los 27 año, y un segundo descorche a los 36 años. El tercer descorche se realizara el mismo año que la segunda clara Y así seguirán los sucesivos descorches, ya sin claras, hasta la edad de 180 años donde la madera de la corta final del árbol antes no suponía un aprovechamiento y por lo tanto presenta una fuente de biomasa

.

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m^3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m^3)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Quercus suber	46	Clareo	14	825	8	2,7	24,02	7,5	2,7	10,72	2,70	2,70
Quercus suber	46	1ª clara	27	450	20	5,7	37,80	15	5,5	9,95	7,67	7,67
Quercus suber	46	2ª clara	45	275	33	10	84,75	30	9	23,55	15,45	26,60
Quercus suber	46	corta final	180	175	88	14	498,36	88	14	498,36	550,03	772,10

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	PP maderable anual (m^3/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)
Quercus suber	46	Clareo	14	825	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,00	0,01
Quercus suber	46	1ª clara	27	450	0,06	0,03	0,06	0,06	0,05	0,10	0,01	0,03
Quercus suber	46	2ª clara	45	275	0,11	0,07	0,07	0,13	0,13	0,13	0,03	0,03
Quercus suber	46	corta final	180	175	0,63	0,61	0,61	0,95	1,12	1,12	0,29	0,29
				TOTAL	0,82	0,72	0,76	1,15	1,30	1,38	0,34	0,36

***Quercus robur* & Quercus petraea**

LOCALIZACIÓN: **Quercus robur**:. Su área natural se extiende entre los paralelos 37º N en Sicilia y los 61º N en el sur de Noruega. En longitud abarca desde los 9º O en Portugal hasta los 60º E en Rusia. En España se encuentra desde Galicia, Cantabria, Euskadi y pirineos, disminuyendo en abundancia según se avanza hacia el NE. Es muy escaso y esporádico en montañas del interior peninsular (LE; ZA; BU; P; LO; M).

Quercus petraea: En latitud abarca desde 62º N en la costa de Noruega hasta los 37º N en Sicilia, en longitud lo encontramos entre los 10º O en Irlanda y los 50º E en el Caúcaso. En España ocupa la franja septentrional abundando más en el Este y disminuyendo según avanzamos hacia Galicia.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: **Quercus robur:**

Quercus petraea:

.

TRATAMIENTO SELVÍCOLA: Atendiendo al peso de las bellotas y a los principales factores que afectan a la regeneración natural, los tratamientos selvícolas pasan inevitablemente por el aclareo sucesivo en su aplicación uniforme o en alguna de sus modalidades (bosquetes, fajas, combinados). Debido al temperamento más tolerante del roble albar y su frecuente ubicación en estaciones con influencia mediterránea y marcada vecería, la progresión de cortas de regeneración en esta especie será más gradual que en el roble común.

El número de cortas que componen el método del aclareo sucesivo en robledales varía entre tres y seis según estaciones, siendo los periodos de regeneración más comúnmente empleados en robledales ordenados de diez a veinte años. El roble común puede ser regenerado en rodales favorables en áreas de clima atlántico incluso en dos intervenciones.

Para ambos robles las cortas desiminatorias deben de llevarse a cabo en años de abundante fructificación, pudiéndose ajustar antes o después de la diseminación, pero siempre en otoño para evitar la invasión de vegetación heliófila Una vez alcanzadas la regeneración las cortas aclaratorias vendrán marcadas por la evolución de los brinzales.

La implantación de masas con reservas se plantea como una interesante opción en los montes públicos porque aumenta la diversidad estructural.

Los turnos y diámetros de cortabilidad de los robles son elevados en comparación con otras especies forestales. El elevado valor de la madera y la longevidad de la especie explican el interés en la obtención de madera de grandes dimensiones. La función protectora de estos robledales también influye en la adopción de turnos tan amplios. En España rondan los 120 hasta los 160 años.

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m³)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m³)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Quercus robur petrea	41-42	1ª clara	30	1800	12,1	7,9	71,10	12,1	7,9	27,60	51,65	51,65
Quercus robur petrea	41-42	2ª Clara	60	1100	21,5	13	156,50	20	12	45,00	18,76	181,52
Quercus robur petrea	41-42	3ª Clara	85	750	29	16	295,00	27	14	125,00	39,95	384,47
Quercus robur petrea	41-42	1 aclareo	100	400	35	18	320,00	35	18	180,00	27,44	735,71
Quercus robur petrea	41-42	corta final	120	175	37,3	19,2	157,50	37,3	19,2	157,50	45,09	862,63

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	PP maderable anual (m³/año)	PPB residual anual (ts/año)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB ARBOL ENTERO	PPB residual anual (th/año)	PPB competitiva anual (th/año)	PPB residual anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)	PP maderable anual (m³/año)
Quercus robur petrea	41-42	1ª clara	30	1800	0,34	0,08	0,27	0,27	0,14	0,49	0,04	0,12	0,34
Quercus robur petrea	41-42	2ª Clara	60	1100	0,58	0,18	0,18	0,59	0,32	0,32	0,08	0,08	0,58
Quercus robur petrea	41-42	3ª Clara	85	750	0,73	0,25	0,25	0,82	0,45	0,45	0,11	0,11	0,73
Quercus robur petrea	41-42	1 aclareo	100	400	0,85	0,30	0,30	0,99	0,54	0,54	0,14	0,14	0,85
Quercus robur petrea	41-42	corta final	120	175	0,81	0,29	0,29	0,96	0,52	0,52	0,13	0,13	0,81
				TOTAL	1,08	1,28	3,64	1,97	2,32	0,50	0,59	5,86	1,08

***Castanea sativa* Mill.**

LOCALIZACIÓN: Su área comprende los Balcanes, Asia Menor, el Cáucaso, centro y oeste de Europa entre los 51º N y los 37º N. En España abunda en la zona norte y montañas del centro y sur.

SUPERFICIE EN ESPAÑA:

TRATAMIENTO SELVÍCOLA:

La selvicultura que se propone se basa en las experiencias y propuestas de varios autores (Alemany,1994; Bourgeois, 1992; Elorrieta, 1949; Menéndez, 1984) y en las tablas de producción de selvicultura propuesta de para el castaño en monte bajo en Asturias (Tablas A.1 a A.5, Cabrera, 1997).

- Nº de brotes inicial: >10.000/ha
- Eliminación de brotes hacia los 5 años, dejando unos tres por cepa, como término medio, y una densidad aproximada entre 1.600 a 2.000 pies/ha.
- Clara a los 18 años, dejando una densidad media entre 800 y 1.000 pies /ha.
- 2ª clara a los 18 años, dejando una densidad media entre 400 y 500 pies/ha.
- Corta final a los 30 años.

Las siguientes se consideran orientativas para castañares de monte bajo en Asturias, de calidad media.

Es preciso apuntar que la Posibilidad potencial competitiva que se ha estimado es en todas las actuaciones igual a la residual debido a que es esta una especie cuyas condiciones hace que los fustes extraídos en las primeras claras se aprovechen para madera de sierra o baras.

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m^3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m^3)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Castanea sativa	72	selección brotes	5	10000 (brotes)						4,5	2,25	2,25
Castanea sativa	72	1ª Clara	18	1800	12,5	11,71	128,53	12,2	9,71	26,57	25,08	42,65
Castanea sativa	72	2ª Clara	24	900	21	13,7	186,55	14,6	11,7	38,57	18,83	31,74
Castanea sativa	72	Corta final	30	450	40,8	15,17	234,88	40,8	13,17	234,88	117,28	190,74

Especie	cod	Intervención	Edad	PP maderable anual (m^3/año)	PP biomasa residual anual (ts/año)	PP biomasa competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PP biomasa residual anual (th/año)	PP biomasa competitiva anual (th/año)	PP biomasa residual anual (TEP/año)	PP biomasa competitiva anual (TEP/año)
Castanea sativa	72	selección brotes	5								
Castanea sativa	72	1ª Clara	18	1,10	0,09	0,58	0,58	0,16	1,06	0,04	0,28
Castanea sativa	72	2ª Clara	24	1,41	0,08	0,74	0,74	0,14	1,35	0,04	0,35
Castanea sativa	72	Corta final	30	4,38	0,11	0,11	2,30	0,21	0,21	0,05	0,05
		TOTAL		6,89	0,28	1,44	3,62	0,51	2,61	0,13	0,68

Fuentes:

- ✓ Tesis Doctoral Cabrera, M. (1997). *El monte bajo de Castaño en Asturias: Alternativas selvícolas*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- ✓ Datos de Biomasa obtenidos del libro "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles .Monografías INIA: Series forestal, nº 13_2005G.*Montero, R.Ruiz-Peinado, M.Muñoz.*

Eucalyptus ssp.

LOCALIZACIÓN: Eucalyptus globulus Entre los 38 S y los 44º S y entre 154º E y 147º E, en Tasmania y el Sur de Australia. En España se ha plantado en PO; C, LU, O, S, BI, SS, H, CA, MA. Pequeñas repoblaciones en Tenerife, Gran Canaria y El Hierro.

Eucalyptus camaldulensis: Originario de Australia entre los paralelos 15º S y 38º S, abunda al este del meridiano 130º E, se sitúa entre los 114º E hasta los 152º E. En España ha sido plantado en H, SE, CA, MA, CC, BA y CR.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: A día de hoy pueden existir alrededor de 450.000 hectáreas.

TRATAMIENTO SELVÍCOLA: El tratamiento de regeneración aplicado a las masas de ecualipto con destino a la fabricación de pasta de celulosa es el de cortas a hecho siendo la forma fundamental de la masa o método de beneficio el monte bajo. Las masas se crean partiendo de brinzales, que después de la primera corta se convierten en chiripiales de monte bajo.

La época de corta no sólo es importante porque las condiciones climatológicas puedan hacer abortar las yemas, sino porque dichas condiciones, ya sea por sequía o por helada pueden perjudicar a los brotes con un cierto desarrollo o influir en el riesgo de ataques de enfermedades y plagas.

Debido a que se trata de un monte de repoblación, no se busca la regeneración natural por ser de crecimiento rápido, que se trata a c monte bajo durante 3 o 4 cortas. A los 5 años de la plantación se realiza una limpia, se puede dar algún tratamiento a las posibles plagas si las tuviera y se corta a hecho a los 15 años en Galicia o a los 12 años en Huelva. Al año de corta se realiza una selección de brotes siguiendo la pauta anterior durante las 3 o 4 cortas.

Existe otro tipo de tratamiento para el eucalito cuando juega un pale de cultivo energético al igual que el chopo pero esto se recoge en otro punto.

NORTE

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m³)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m³)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Eucalyptus globulus	61	Repoblación	0	1400	0	0		0	0	0		
Eucalyptus globulus	61	Limpia	5	-	-	-		-	-	-		
Eucalyptus globulus	61	1ªCorta final	15	1400	18	17		18	17	225	58,89	212,81
Eucalyptus globulus	61	Resalveo	16	-	-	-		-	-	-		
Eucalyptus globulus	61	Limpia	20	-	-	-		-	-	-		
Eucalyptus globulus	61	2ª corta final	30	1400	19	17,5		19	17,5	250	64,54	239,61
Eucalyptus globulus	61	Resalveo	31	-	-	-		-	-	-		
Eucalyptus globulus	61	Limpia	35	-	-	-		-	-	-		
Eucalyptus globulus	61	3ª corta final	45	1400	19	17,5		19	17,5	250	64,54	239,61

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	PP maderable anual (m³/año)	PP biomasa residual anual (ts/año)	PP biomasa competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PP biomasa residual anual (th/año)	PP biomasa competitiva anual (th/año)	PP biomasa residual anual (TEP/año)	PP biomasa competitiva anual (TEP/año)
Eucalyptus globulus	61	Repoblación	0	1400								
Eucalyptus globulus	61	Limpia	5	-								
Eucalyptus globulus	61	1ªCorta final	15	1400	5,00	1,31	1,31	4,73	2,38	2,38	1,07	1,08
Eucalyptus globulus	61	Resalveo	16	-								
Eucalyptus globulus	61	Limpia	20	-								
Eucalyptus globulus	61	2ª corta final	30	1400	5,56	1,43	1,43	5,32	2,61	2,60	1,18	1,17
Eucalyptus	61	Resalveo	31	-								

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	PP maderable anual (m³/año)	PP biomasa residual anual (ts/año)	PP biomasa competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PP biomasa residual anual (th/año)	PP biomasa competitiva anual (th/año)	PP biomasa residual anual (TEP/año)	PP biomasa competitiva anual (TEP/año)
globulus												
Eucalyptus globulus	61	Limpia	35	-								
Eucalyptus globulus	61	3ª corta final	45	1400	5,56	1,43	1,43	5,32	2,61	2,60	1,18	1,17
				TURNO	16,11	4,18	4,17	15,38	7,59	7,58	3,43	3,42

SUR

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m³)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m³)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Eucalyptus camaldulensis	62	Repoblación	0	525	0	0		0	0	0		
Eucalyptus camaldulensis	62	Limpia	4	-	-	-		-	-	-		
Eucalyptus camaldulensis	62	1ªCorta final	12	525	16	11,5		16	11,5	70	18,03	61,63
Eucalyptus camaldulensis	62	Resalveo	13	-	-	-		-	-	-		
Eucalyptus camaldulensis	62	Limpia	16	-	-	-		-	-	-		
Eucalyptus camaldulensis	62	2ª corta final	24	525	16	11,5		16	11,5	75	18,03	61,63
Eucalyptus camaldulensis	62	Resalveo	25	-	-	-		-	-	-		
Eucalyptus camaldulensis	62	Limpia	28	-	-	-		-	-	-		
Eucalyptus camaldulensis	62	3ª corta final	36	525	16	11,5		16	11,5	75	18,03	61,63

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	PP maderable anual (m^3/año)	PP biomasa residual anual (ts/año)	PP biomasa competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PP biomasa residual anual (th/año)	PP biomasa competitiva anual (th/año)	PP biomasa residual anual (TEP/año)	PP biomasa competitiva anual (TEP/año)
Eucalyptus camaldulensis	62	Repoblación	0	525								
Eucalyptus camaldulensis	62	Limpia	4	-								
Eucalyptus camaldulensis	62	1ªCorta final	12	525	1,94	0,50	0,5	1,711931068	0,91	0,91	0,41	0,41
Eucalyptus camaldulensis	62	Resalveo	13	-								
Eucalyptus camaldulensis	62	Limpia	16	-								
Eucalyptus camaldulensis	62	2ª corta final	24	525	2,08	0,53	0,5	1,831375	0,96	0,91	0,43	0,41
Eucalyptus camaldulensis	62	Resalveo	25	-								
Eucalyptus camaldulensis	62	Limpia	28	-								
Eucalyptus camaldulensis	62	3ª corta final	36	525	2,08	0,53	0,5	1,831388889	0,96	0,91	0,43	0,41
				TOTAL	6,11	1,56	1,5	5,374694957	2,83	2,73	1,28	1,23

Fuentes:

- ✓ Agroseguros. Comunicación personal.
- ✓ Datos de Biomasa obtenidos del libro "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles .Monografías INIA: Series forestal, nº 13_2005G.*Montero, R.Ruiz-Peinado, M.Muñoz*.
- ✓ Lopez de Diego, T., & Tolosana, E. (En edicicón). *Análisis de la producción y tablas de cubicación para Eucalyptus globulus en el Principado de Asturias y la Marina lucense*. Madrid.

***Populus alba* L., *Populus nigra* L. & *Populus tremula* L.**

LOCALIZACIÓN: **Populus alba:** Europa central y meridional, norte de África y oeste de Asia, entre los paralelos 50º N y los 25º N. En España es más abundante en el sur.

Populus nigra: Asia septentrional y occidental, norte de África, Este de Europa. Naturalizada en América del Norte. Entre los 64º N y los 30º N. En España las provincias con plantaciones más extensas son: GI, L, Z, H, VA, B, SO, GR, V, CS.

Populus tremula: Toda Europa, Oeste y Norte de Asia y Atlas argelino. En España, montañas del Norte y Centro.

SUPERFICIE EN ESPAÑA: El cultivo del chopo va en aumento en toda Europa debido a los cambios que se están produciendo en la agricultura europea que intentar reconvertir a cultivos más extensivos terrenos tradicionalmente agrícolas. De toda la superficie ocupada con plantaciones de chopos en España, aproximadamente el 50% se encuentra en la cuenca del Duero, y el 25% en la cuenca del Ebro. Según los distintos inventarios realizados, el cultivo de chopo se extiende en Castilla y León sobre 44.320 hectáreas, destacando por su importancia en superficie la provincia de León.

TRATAMIENTO SELVÍCOLA:

Las choperas productoras de madera de calidad son plantaciones a marco real con un espaciamiento entre 5x5 y 6x6x por lo tanto con una densisdad entre 400y 278 pies /ha . Durante el aprovechamiento de la chopera, la madera del fuste y de las ramas se tronza y clasifican según los posibles destinos que puedan tener las trozas en función del diámetro y de las necesidades de su suministro una clasificación frecuente del destino es el siguiente:

- **Desenrollo:** Trozas hasta 20-22 cm en punta delgada y conb longuitudes entre 2,60 y 5,20m(y múltip`los de 1,30).
- **Sierra:** también llamado tronquillo,se utiliza principalmente para la tablilla de palé, necesita trozas con un diámetro mayor de unos 14 cm en punta delgada.

- **Puntal:** es la fracción hasta 7 cm en una punta delgada, se puede utilizar para madera de desintegración, hace años, era utilizado como leña.
- **Ramera:** ramas y raberón de diámetros menores de 7 cm, ramillas y hojas.

La fracción de ramera hasta ahora era un residuo por lo que para la biomasa residual se introduce el 8.2% de la biomasa del fuste que es lo que se considera en la bibliografía utilizada como la biomasa correspondiente a la ramera.

Las plantaciones de chopo en España están en plena experimentación en lo que se refiere a los cultivos energéticos dónd e a demás se va se juega con un amplio rango de clones. Los datos referentes a cultivos energéticos se recogen más adelante.

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	D med (cm)	h med (m)	V total (m^3)	d extr (cm)	h extr (m)	Fuste extraído (m^3)	Biomasa residual (ts)	Biomasa total (ts)
Populus sp	51-52	Desbroce_poda	5	350								
Populus sp	51-52	Corta final	20	350	39	21	275,57	39	21	299,53	73,62	224,94

Especie	cod	Intervención	Edad	Nº de pies (ud/ha)	PP maderable anual (m^3/año)	PP biomasa residual anual (ts/año)	PP biomasa competitiva anual (ts/año)	PPB árbol completo anual (ts/año)	PP biomasa residual anual (th/año)	PP biomasa competitiva anual (th/año)	PP biomasa residual anual (TEP/año)	PP biomasa competitiva anual (TEP/año)
Populus sp	51-52-58	Desbroce_poda	5	350								
Populus sp	51-52-58	Corta final	20	350	13,58	2,82	10,52	5,13	19,13	10,52	1,31	4,88

Fuentes:

- ✓ Agroseguros. Comunicación personal.
- ✓ E.T.SI. Montes, E.U.IT. fORESTAL, Universidad Politécnica de Madrid. (2008). Manual de buenas prácticas para el aprovechamiento integrado de biomasa en choperas. Madrid: Junta Castilla y León y Cesefor.
- ✓ Datos de Biomasa obtenidos del libro "Producción de biomasa y fijación de CO_2 por los bosques españoles .Monografías INIA: Series forestal, nº 13_2005G.*Montero, R.Ruiz-Peinado, M.Muñoz*.

ANEXO II.2 Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno forestal

Eucalyptus sp.

Los eucaliptos proceden prácticamente de nuestras antípodas: Australia, Tasmania y Nueva Guinea principalmente, donde están representadas las más de 600 especies diferentes que existen de este género, uno de los más ricos, diversos y modernos en cuanto a su estudio botánico se refiere.

Los eucaliptos son, junto a los chopos, las especies más productivas en cantidad de madera entre las que utilizamos en los cultivos forestales de nuestro país actualmente. Su elevada producción, junto con su breve turno de corta en comparación con otras especies alternativas, las hacen ser muy interesantes para el silvicultor privado, especialmente sobre aquellos terrenos de cultivo que van siendo abandonados en la actualidad al sustentar producciones agrícolas marginales, o bien excedentarias, frente al Mercado Común Europeo.

Por otro lado, la evidente y creciente falta de madera en España, en Europa y en el mundo, obliga a la producción intensiva de ésta, sin que pueda ser aceptada la actual sobreexplotación de los bosques naturales de numerosos países, fundamentalmente del Tercer Mundo. (Rojas, 2001). El hecho de que Europa se presente un déficit tanto de madera como de energía es una de las premisas que avalan el desarrollo de esta especie como fuente de materia prima para los dos campos. Lo dicho anteriormente sumado al hecho de que en Europa sólo España y Portugal son los únicos países, que debido a sus condiciones climatológicas, pueden cultivarlo de una forma genérica, avala la idea de que la demanda de la especie está asegurada.

Aunque hasta hace poco en el sur de la Península se utilizaba la subespecie cammaldulensis a día de hoy el cultivo del E. *globulus* se ha extendido, siendo esta por tanto la subespecie que tendrá en cuenta para las cultivos energéticos. También hay que destacar el uso cada vez más fuerte del E. *nitens* debido a su fuerte resistencia a las heladas. El método de aprovechamiento de esta especie son cortas a matarrasa, por lo tanto monte bajo, con turnos cortos o muy cortos.

A. Ecología del E.globulus

A.1 Exigencias edáficas

El eucalipto a diferencia de otras especies no resulta especialmente exigente con el tipo de suelo de siendo capaz de crecer en sustratos pobres y ácido, ampliamente representados en el occidente de Asturias y en la provincia de Lugo. Los mejores crecimientos se observan sobre suelos arcillosos, silíceos, sueltos y profundos, con una acidez moderada o neutra (con valores de pH entre 5 y 7). Los suelos forestales, debido a la pluviosidad y al tipo de rocas, suelen ser más bien ácidos. Por contra el eucalipto no se desarrolla bien en suelos

excesivamente calcáreos, muy alcalinos o en suelos encharcados o mal drenados. La profundidad del suelo es otro factor importante, observándose mayores crecimientos cuando aumenta la profundidad. No obstante debido a su vigor y plasticidad es capaz de crecer satisfactoriamente en suelos escasos o poco profundos, siempre que se realicen las labores adecuadas.

A.2 Exigencias climáticas

El E. *globulus* prefiere climas húmedos sin heladas, con una precipitación anual media superior a los 700 mm, y con una distribución uniforme del régimen de lluvias. Las bajas temperaturas y las heladas constituyen las principales limitaciones para el cultivo del E. *globulus* en regiones de la cornisa cantábrica. Los umbrales de resistencia se cifran en -7º y-8º C para una helada, si esta se produce tras un descenso gradual de la temperatura. Si las heladas son bruscas o repetitivas, el E. *globulus* resulta mucho más sensible, soportando difícilmente más de 10 días de heladas al año. Por el contrario el E. *nitens*, resistente al frío, soporta heladas de hasta -12˚C, más de 50 días de helada e incluso nevadas. Esta última especie parece adecuada para las condiciones de zonas interiores de la Asturias y Cantabria y de las comarcas gallegas de la Meseta Central y Montaña Nororiental, mostrando bueno resultados en Tierra de Chá y Fonsagrada (Lugo).

Debido a la sensibilidad a la temperatura se acepta generalmente una altitud máxima para la extensión del cultivo de E. *globulus* entre 400y 450 m. Esta afirmación debe ser considerada según otras particularidades de la parcela, tales como la exposición a los vientos dominantes, la insolación o la posibilidad de heladas frecuentes o nieblas invernales persistentes. Así, parcelas de hasta 550 m pueden ofrecer unas condiciones adecuadas para el cultivo de E. globulus, mientras áreas más bajas pero con condiciones del sitio más adversas resultarían más recomendables para eucaliptos resistentes al frío como E.*nitens*.

El género *Eucalyptus* se distribuye de forma natural en Tasmania, y de forma local en las costas del sudeste de Australia (Victoria e islas adyacentes). Es una de las especies de Eucaliptus más cultivada en todo el mundo. En España está bastante extendida y abunda especialmente en todo el norte y noreste de: Asturias, Cantabria, Galicia. También se han hecho extensas plantaciones en ña provincia de Huelva donde por ser el clima más seco produce menor rendimiento. En Galicia se ha asilvestrado, siendo ya un elemento característico del paisaje. También está muy difundido en Portugal donde es el eucalipto más cultivado.

Esta especie, originaria de Australia, se ha introducido en numerosos países de todos los continentes, formando extensas masas de monocultivo, entre ellos España, en donde se cultiva desde 1850. Las plantaciones en España, se encuentran principalmente en dos grandes zonas, norte y noroeste (Galicia, Asturias y Cantrabria) y en el Sur, en las provincias de Huelva y Sevilla.

En el siguiente cuadro se describen las principales características de su zona de distribución.

	Optima	máx	mín
Altitud (msnm)		400-550	
Temperatura (˚C)	13		-
Ppm (mm)	>700		
pH	5-7		
Textura	suelos arcillosos, silíceos, sueltos y profundos		
Profundidad del suelo (nivel freático) (metros)	0,6	20	

B. Labores de cultivo de Eucalipto

B.1 Preparación del terreno

Previo a la preparación del terreno en sí es necesario desbrozar para conseguir que la planta tenga la menor competencia posible los dos primeros años tanto por los nutrientes del suelo como por la luz solar. Cuanto mejor sea el terreno mayor interés hay que tener en la limpiez< previa de y posterior a la plantación puesto que la calidad del suelo beneficiará tanto a los eucaliptus recién plantados como al matorral y la hierba. El desbroce puede llavarse a cabo mediante diversos métodos:

- **Limpieza manual:** Si se va a hacer limpieza manual o siega en el caso de estar cubierto por hierbas, hay que limpiar la mayor superficie posible alrededor del lugar donde va a ir la planta. Se procurará usar motodesbrozadora portátil para la eliminación de matorral.

- **Limpieza mecánica:** Si la parcela es mecanizable, los costes son menores que las labores manuales y el rendimiento y rapidez, mayores. Este sistema de limpieza facilita la trituración del matorral aportándolo al suelo inmediatamente como abono en verde.

- Si el matorral es alto se usará una desbrozadora de cadenas arrastras por tractor. El inconveniente es que no se eliminan las raíces, pudiendo rebrotar los matorrales incluso de una forma más vigorosa.

- El gradeo o fresado del matorral se debe usar sólo en los casos en que por el tamaño y densidad de éste la desbrozadora de cadenas no pueda realizar un buen trabajo. Pero hay que tener en cuenta que estas operaciones son bastante caras, están limitadas por la pendiente y pedregosidad del terreno y van a favorecer mucho la germinación de todas las semillas que existan en el suelo. Por ello no resultan recomendables en la mayor parte de los casos.

- **Control químico:** El control químico de la competencia puede ser una alternativa rápida, eficaz y económica. Mediante un correcto uso del herbicida apropiado puede realizarse una buena labor de limpieza, tanto de pastizales (recuperación de terrenos agrícolas) como de monte. La aplicación del herbicida permite preservar durante un tiempo la cubierta del terreno, lo que contribuye a la estabilidad del suelo y minimiza posibles acciones erosivas de las lluvias. Es recomendable el uso de glifosato debido tanto por su eficacia, como por su baja peligrosidad demostrada internacionalmente. Este herbicida actúa por contacto con las hojas, y por «traslocación» o difusión hasta las raíces, eliminando las malas hierbas o el matorral al cabo de unos días, y biodegradándose al entrar en contacto con el suelo.

- **Limpieza mixta mecánica-química:** Es frecuente que el tratamiento químico se acompañe de una limpieza mecanizada previa para que su resultado sea realmente efectivo. Después de desbrozar se dejan pasar dos o tres meses para que el matorral rebrote y se trata con herbicida antes de plantar. Así podemos ahorrarnos una limpieza de mantenimiento que siempre será mucho más costosa y complicada toda vez que la plantación ya se haya efectuado.

Así como el desbroce es conveniente realizarlo sobre la totalidad de la parcela, la preparación del terreno se realizará únicamente donde se vaya a plantar, evitando remover el resto de la superficie. Es aconsejable mecanizar la preparación del terreno siempre que se pueda, teniendo en cuenta los dos factores limitantes a este proceso que son la pendiente y la superficie de la parcela. Los eucaliptos van a reaccionar muy bien a la tierra removida y a la profundidad a que se pueda trabajar.

Subsolado lineal: con separación de surcos de 3 metros, en máxima pendiente, se puede considerar un tipo de preparación válida para una gran parte de los terrenos. El tractor agrícola puede subsolar bien terrenos con suelo fresco y suelto. Para terrenos de monte, especialmente si es una extensión grande o son varios los propietarios que desean plantar, saldrá más rentable contratar una pala cargadora o un bulldozer que efectúe el subsolado. Para plantar a una densidad de 1.600 plantas por hectárea lo más recomendable es establecer una separación entre líneas de 3 m y entre plantas de 2 (marco regular de 3x2 m). En cualquier caso es necesario no dejar menos de 3 metros entre líneas, para facilitar la mecanización y ejecución de posteriores trabajos de limpieza y mantenimiento, y del aprovechamiento final de la plantación.

B.2 Abonado de fondo

En suelos arenosos y pobres, la fertilización de fondo en el momento de la plantación (por ejemplo: 200 kg/ha de supertriple 45%), seguida, en la primavera siguiente a la plantación, de un abonado superficial enterrado por ligero gradeo, han demostrado mejorar el crecimiento en los primeros años en un 35%. Sin embargo, la efectividad del abonado es dudosa en suelos más ricos. (Montoya Oliver, 1995)

B.3 Plantación

Es muy aconsejable utilizar planta con cepellón y con origen de semilla certificado. Su coste viene sobradamente compensado por los mayores crecimientos por hectárea y mejor calidad general de la planta al proceder de árboles seleccionados. Aún cuando las raíces de las plantas con cepellón son frágiles, resultando más eficaces para realizar su labor de alimentar a la planta. Si se transporta adecuadamente y se maneja con cuidado se obtienen mejores resultados que con plantas de otro tipo.

El lugar de la plantación debe estar lo mejor acabado posible para facilitar el arraigo de la planta. Nunca se plantará en el fondo del surco subsolado. Debe realizarse una plataforma, tapando completamente el surco hasta el nivel original del suelo con la tierra removida. Se evitará dejar piedras grandes o cortantes en el hoyo o en contacto con la planta, ya que pueden impedir el normal desarrollo de las raíces o dañar la planta.

La planta se colocará en el centro de la plataforma perfectamente vertical para que las raíces nos e orienten en dirección equivocada así como posibles estrangulamientos y doblamientos. No se debe pisar la tierra después de plantar para no compactarla demasiado y doblar o romper las raíces. No obstante hay que tener mucha precaución para que no queden huecos en contacto con el cepellón y sobre todo debajo de él lo que supondría la mortalidad total o parcial de las raíces. A efectos prácticos lo ideal es una ligera compactación de la tierra con la mano, algo más intensa cuanto más seca esté la tierra.

B.4 Marco y densidad de plantación

La elección del marco adecuado de plantación (distancia entre riegos y entre plantas) tiene una gran importancia económica. La disposición de la plantación condiciona el número de plantas por hectárea o densidad. Esto no sólo repercute en los costes directos de la plantación, sino que influye en los cuidados necesarios y la protección posterior, el coste de los aprovechamientos y la calidad de los productos finales. Una densidad de cultivo inicialmente alta tiende a producir más volumen total, con individuos menos ramosos, menores diámetros y mayor porcentaje de corteza sobre el volumen total. En este caso se tiende al aprovechamiento del sitio, pero con productos que no estén restringidos por el diámetro (apeas de mina, leñas o postes para la construcción de bateas). Además, cuando la densidad es excesiva se incrementa la proporción de árboles suprimidos o dominados.

Por el contrario, densidades muy bajas (mayor espaciamiento) permite un mayor desarrollo de cada individuo, pero también más ramas y, por supuesto un menor volumen final y menor aprovechamiento del terreno. La calidad del producto (madera para desenrollo) podría llegar a compensar la pérdida productiva, si bien el turno o edad de corta es más largo que a densidades altas.

El marco regular de plantación que se trabaja actualmente con un objetivo comercial sería el siguiente.

- densidad de 1.600 plantas, un marco regular de 3x2 puede resultar muy adecuado. Generalmente, la distancia entre líneas o riegos será de 3 metros, separando las plantas entre sí 2 metros. Otros marcos que se utilizan son 3,5x2 (1.400 plantas/ha) y 3x3. En ningún caso deberían plantarse más de 1.600 ni menos de 1.100 plantas por hectárea.

En el caso de cultivos energético lo que interesa es aumentar la producción, se entiende que la densidad de plantación estaría por encima de 10.000 pies por hectárea y con ciclos de rotación muy cortos.

B.5 Época de plantación

La planta con cepellón se puede plantar durante todo el año siempre que se evite el tiempo extremadamente frío o seco y caluroso, que puede matar las plantas jóvenes. Para plantaciones en verano es necesario que el cepellón esté bien empapado en agua para que aporte a la poza parte de la humedad necesaria para el arraigo.

Uno de los objetivos en la última década así establecer plantaciones de genotipos que puedan crecer vigorosamente y sobrevivir bajo las temperaturas invernales. Ha n sido estudiadas subespecies más tolerantes respecto a las heladas pero por lo general los crecimientos y la calidad de la madera son menores. Híbridos artificiales de E. globulus han sido probados también y los resultados dan lugar a una cuenta resistencia temperaturas bajas y, en algunos casos, la calidad es aceptable.

B.6 Reposición de marras

Normalmente el éxito de las repoblaciones con planta de eucalipto suele ser muy elevado y del orden del 80-90% e incluso más. No obstante, pueden producirse un mayor número de marras en algunos puntos o en años concretos muy secos Los fallos o marras de la plantación, producidos por muy diversas causas, deben ser repuestos lo antes posible.

Se aconseja que previamente, se haga una evaluación de supervivencia. Si el número de plantas vivas es superior a 95 por cada 100 plataformas contadas, no resultaría imprescindible realizar la reposición de la planta perdida. Por contra, si el número de plantas es sensiblemente inferior al 95% es necesario reponer marras. La reposición debe hacerse cuanto antes, a fin de que la diferencia de crecimiento entre las plantas iníciales y las nuevas no implique un menor crecimiento de las últimas será lógico realizar un nuevo abono pues es casi seguro que los nutrientes del primer abonado no estén ya a disposición de la nueva planta. (Montoya Oliver, 1995), se aconseja realizar la reposición de marras con plantas mayores para darles la oportunidad de competir con las acompañantes

Las marras hay que abonarlas de nuevo al igual que la plantación inicial pues es casi seguro que los nutrientes del primer abonado no estén ya a disposición de la nueva planta. Del mismo modo, habrá que tener cuidado de que la plataforma de plantación esté libre de maleza.

C. Tratamientos culturales

C.1 Deshierbe y limpieza de la parcela

Todos los trabajos que conlleva la plantación (limpieza previa, preparación, plantación, abonado, reposición de marras) pueden resultar infructuosos si no se realizan trabajos periódicos de limpieza. Estas tareas de mantenimiento han de ser planificadas adecuadamente. La plantación ha de ser limpiada una o varias veces hasta que los eucaliptos dominen al matorral.

A mayor calidad de la parcela antes se necesitarán estas operaciones de limpieza. Se ha de tener en cuenta que la preparación del terreno para la plantación también facilita la proliferación posterior del matorral. El motivo primordial de efectuar limpiezas de mantenimiento es ayudar al eucalipto a competir por el espacio físico del suelo que está ocupado por las raíces de otras plantas. Las especies como tojos, escobas, gramíneas o cenizos, están preparadas para aprovechar las condiciones que se dan después de finalizar los trabajos de plantación. Tanto la planta adulta como la semilla de estas especies, compiten ventajosamente por la luz y los nutrientes del suelo con las plantas jóvenes de eucalipto.

La limpieza de la plantación es tanto más eficaz y económica cuanto antes se realice. En ocasiones puede ser necesario efectuarla nada más terminar de plantar, dependiendo de la época de plantación y el desarrollo de la competencia.

Métodos de limpieza:

La limpieza manual hecha con podones o motodesbrozadoras portátiles es costosa, y poco eficaz. Aún así, es el único trabajo posible en sitios muy pendientes o en épocas muy húmedas. El uso de tractor con desbrozadora de cadenas o martillos entre calles es un trabajo útil, especialmente si se complementa con limpieza manual al lado de las plantas, donde no se puede arrimar el tractor. Si no se hace así, el matorral sin desbrozar se podría beneficiar más del desbroce efectuado que los mismos eucaliptos. Este problema se da incluso cuando se hacen limpiezas con calles cruzadas.

Los **helechos** son un caso específico en ciertas zonas. Pueden cubrir las plantas jóvenes restándoles luz y aireación lo que redundará en menor crecimiento y más riesgo de enfermedades. La solución más viable es la limpieza manual cortando los helechos por la base antes de que sobrepasen en altura a los eucaliptos y repitiendo esta operación cuando vuelvan a rebrotar.

Otros procedimientos son:

- Control químico: La limpieza química con herbicida de contacto de baja peligrosidad puede resultar una técnica factible para realizar estas labores.

- Los eucaliptos son muy sensibles a los herbicidas que actúan por contacto de las zonas verdes tanto hojas como tallos jóvenes. Hay que tener mucha precaución en días de viento o cuando los árboles tienen ramas bajas muy extendidas. Si la planta es pequeña se puede proteger con cubos de plástico teniendo cuidado de no ponerlos uno dentro de otro para no impregnar la cara interior con herbicida. Se pueden usar boquillas especiales para las mochilas, pantallas y equipos antideriva

- Uso de ganado: Se puede usar ganado para ayudar a mantener limpia la plantación de eucaliptos. Un conveniente manejo del mismo aparte de los indudables beneficios de toda limpieza, puede suponer la obtención de unas rentas adicionales y además en ciertas zonas, un beneficio social al compaginar diversos usos del monte. No obstante no siempre es fácil armonizar el aprovechamiento forestal con el ganadero.

- Las vacas suelen ser bastante perjudiciales para las plantas jóvenes pues las pisotean. Cabras y ovejas pueden hacer un gran trabajo de limpieza aunque dañan los eucaliptos si no se realiza redileo o un control cuidadoso.

- Los **caballos** son sin duda el ganado más interesante para este uso pues son animales muy cuidadosos donde pisan, no suelen tocar los eucaliptos. Comen muy bien el matorral como el tojo, si este es tierno, ayudando a empradizar el monte.

C.2 Abonado de la plantación

La fertilización o abonado de la planta en el momento de la plantación es esencial para mejorar su desarrollo y crecimiento de los primeros años. Los efectos durante los primeros meses son muy patentes, y en el caso de especies como el eucalipto, este «tirón» inicial se traduce en un menor tiempo de cosecha (reducción de la edad de corta) o más madera al final del turno.

Resulta suficiente añadir un abono sólido granulado de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), como por ejemplo, 8:24:16 (N8-P24-K16). Si bien el nitrógeno es fundamental para el crecimiento de la planta, un exceso puede ser muy perjudicial, por lo que hay que evitar los abonos ricos en nitrógeno como el triple 15 (N15-P15-K15). Respecto otro tipo de fertilizantes, hasta el momento no hay estudios suficientemente contrastados que demuestren que la utilización de abonos de lenta incorporación o liberación gradual en la plantación de eucaliptos sean una alternativa rentable al uso de los abonos tradicionales agrícolas, mucho más baratos y fácilmente asimilables por la planta.

Debe fertilizarse en el momento de la plantación. En cualquier caso debe de realizarse antes de 30 días tras la plantación. No deben emplearse cantidades superiores a 100 gramos por planta, evitando siempre que el abono toque directamente la raíz. No hay que abonar encima de la hierba o maleza viva. Por ello es imprescindible mantener completamente limpio un círculo de unos 70 cm de diámetro alrededor de la planta.

Aun no siendo una operación complicada hay que tener cuidado con el tipo de abono y el modo de obrar. Por lo general, resulta suficiente añadir un abono sólido granulado de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), como por ejemplo, 8:24:16 (N8-P24-K16).

El abono debe disponerse alrededor de la planta, a partir de unos 20 cm. Para ello se realizan unos surcos en sentido perpendicular a la pendiente. Tras añadir la dosis de fertilizante se cubre con tierra ayudándose del pie o de la azada. Esto evitará que la primera lluvia lo disuelva y pueda afectar al eucalipto o, si ésta es muy fuerte, lo arrastre.

En ensayos suficientemente contrastados se han observado diferencias de crecimiento, al cabo de 6 meses, de más de 1 metro de altura entre plantas fertilizadas y no fertilizadas. Este resultado es independiente de la calidad de la parcela. En otras experiencias similares, medidas al final del turno de corta, se han observado incrementos entre 60 y 120 toneladas por hectárea (dependiendo de la calidad del terreno) para edades de corta de 10 años.

También se están realizando ensayos de fertilización adicional en el 4º año (o posteriores) con resultados parciales muy interesantes. En otras experiencias se indican incrementos elevados del volumen de madera al final del turno tras la fertilización adicional con nitrógeno 2 años antes de la corta.

C.3 Corta

Aunque se ha realizo un esfuerzo significativo en los últimos años en la investigación de sobre el desarrollo en la primera rotación poco se sabe de las subsecuentes. Las productividades más altas se observan normalmente en la segunda rotación del monte bajo que puede ser debido a al mayor número de tallos y al incremento del índice foliar. La disminución en la productividad de la tercera y cuartas rotaciones parcialmente puede estar relacionada con la mortalidad de los tocones.

El conocimiento del comportamiento monte bajo en ciclos muy cortos, como podrían ser los dos años para la obtención de biomasa se encuentra todavía en estudio.

D. Biomasa

Un informe sobre las plantaciones experimentales que presenta ENCE en Huelva indica que, el *Eucalyptus globulus* a los 12 meses alcanzan 4,1 m de altura y el peso por pie alcanza en peso

húmedo los 8 kg. Estiman que con los eucaliptos podrán sacar cada 2 años una producción de más de 40 tsecas/ha y año (en regadío).

A modo de comparación se presenta otros datos de una parcela de experimentación en Grecia:

"Luger, E. *Eucalypt introduction as energy crop*. Wieselburg, Austria."

Especie: Eucalyptus globulus y Eucalyptus camaldulensis

Año de plantación: 1994

Evaluación del aprovechamiento de biomasa: 1995

Densidad de plantación: 40.000 pies/ha

Instalación: Fertilización e irrigación para asegurar la supervivencia de la plantas.

Área de experimentación: 2.500m².

Producción de biomasa seca:

Eucalyptus globulus: 17,4 ts/ha/año.

Eucalyptus camaldulensis: 20,9 ts/ha/año.

Cultivos energéticos de pinos:

1. *Pinus pinaster* Ait.

El Pinus pinaster Ait., llamado vulgarmente en España pino negral (por lo oscuro de su corteza), pino gallego (por la gran superficie cubierta por esta especie en Galicia) e internacionalmente pino de Las Landas (por la gran extensión que ocupa en esta región francesa) y sobre todo, pino marítimo (que es el nombre más conocido en toda Europa), posee dos subespecies:

- Subespecie mesogeensis o mediterránea (Pinus pinaster subsp. mesogeensis): Su área se limita a una zona de las provincias de Ciudad Real y Cuenca, extendiéndose hoy día a gran parte de España, con especial importancia en la Zona Centro-Este y Sur. También existe algo en Galicia, con semillas procedentes de Segovia, aunque con poca importancia, estando la mayoría hibridada con la otra subespecie. También se extiende por Italia y Norte de África. Esta subespecie se desarrolla en suelos pardo calizos. Ocupa grandes extensiones de los pisos meso y supramediterráneo en el dominio de los bosques esclerófilos. Es más tolerante que la subespecie atlántica, y se diferencia de ella, en que la madera es más resinosa y de mayor densidad, aunque menos dura y resistente. De crecimiento más lento que la subespecie marítima, aunque llega a alcanzar mayor talla.

- Subespecie atlántica o marítima (Pinus pinaster subsp. atlantica): Su área natural comprende fundamentalmente la zona de Las Landas en Francia, extendiéndose actualmente a otras regiones. En España ocupa la zona norte, con especial incidencia en Galicia (en donde se encuentran más del 90% de sus masas forestales), donde según los registros polínicos son muy recientes y que provienen por repoblación de unas manchas naturales existentes en el norte de Portugal. Esta subespecie se asienta en terrenos silíceos, es poco tolerante a la cal y prefiere suelos del tipo ranker húmedo y tierra parda húmeda, en clima de elevada pluviometría. Es la subespecie dominante en Galicia, salvo pequeñas repoblaciones o hibridaciones; así pues en lo sucesivo al conjunto de Pino pinaster existente en Galicia se le denomina pino gallego.

I. <u>Condiciones ecológicas</u>

Ecología:

Se encuentra preferentemente en suelos pobres, arenosos y ácidos, por lo que es frecuente en los sistemas dunares costeros, aunque no es exclusivo de este medio y se presenta en zonas próximas a la costa aunque puede alcanzar los 1500 metros de altitud.

Autoecología:
Sensible a heladas extremas, y a la rotura de ramas. Necesita luz y humedad atmosférica adecuadas (aunque soporte las sequías estivales).

Clima:

El Pinus pinaster es una especie que necesita bastante sol, por eso su orientación tiene que ser cara al sol. En cuanto a las precipitaciones necesita una media anual mayor de 300 mm, pero de mayo a septiembre necesita una cantidad de agua superior a los 77mm. A lo que se refiere a temperatura, necesita una temperatura media, en el invierno, entre los 0 y 12ºC mientras que en el verano la temperatura tiene que rondar entre los 15 y 26ºC. Necesita luz y temperatura adecuadas, aunque soporta las sequias estibales sensible a las heladas extremas, y a la rotura de ramas En resumen: climas cálidos, no resiste fríos prolongados.
En referencia a las condiciones climáticas, soporta bien la sequía estacional que puede existir tanto en Asturias como en Galicia. Sus limitaciones vienen dadas por su pequeña resistencia a frío, viento y/o nieve. Las mejores calidades se presentan en cotas inferiores a los 400 metros y a partir de los 800-900 metros las roturas de ramas y copas y las deformaciones desaconsejan la utilización de esta especie. Esporádicamente, en zonas intermedias, se pueden observar esos mismos daños, siendo más patentes en cumbres y collados.

Suelo:

No es especie exigente en cuanto a profundidad del suelo. Con profundidad de suelo inferior a 30 cm el Pino pinaster vive y crece, aunque alcanza cifras de crecimiento reducidas ya que en esas condiciones se dan las peores calidades. El Galicia el P**ino pinaster** suele vivir en suelos asentados sobre rocas silíceas, siendo más favorables las que dan lugar a suelos sueltos y ligeros: granitos, gneis y granodioritas. Tolera mal el encharcamiento y no puede considerarse como opción razonable en suelos de textura pesada.

La característica fundamental del pino gallego para usarlo en repoblación es su gran resistencia a suelos de escasa fertilidad y muy arenosos, donde pocas especies de interés económico pueden prosperar.

II. Preparación del terreno

Desbroce y preparación simultánea del terreno mediante Bulldozer 120 CV con desbrozadora de martillos y subsoladora que prepara el terreno con subsolado lineal en línea de máxima pendiente, con rendimiento de 1/8 ha/h. Coste horario 70 €/h, coste desbroce y preparación 560 €/ha

En Galicia y Cornisa Cantábrica

PROCEDIMIENTO DE DESBROCEY SUBSOLADO	PLANTACIÓN	DENSIDADPies/ha	TIPO DE PLANTA	ABONADO
Bulldozer 120 con desbrozadora y reja	Tractor agrícola con apero plantador abonador	1670 (2x3)	En envase	SI, abono granulado

En la Meseta

PROCEDIMIENTO DE NIVELADO Y ELIMINACIÓN DE PIEDRAS	PROCEDIMIENTO DE DESBROCEY SUBSOLADO	PLANTACIÓN	DENSIDADPies/ha	TIPO DE PLANTA	ABONADO
Bulldozer 120	Bulldozer 120 con desbrozadora y reja	Tractor agrícola con apero plantador abonador	1670 (2x3)	En envase	SI, abono granulado

III. Plantación

Nº de plantas 1.670 plantas/ha (plantación con marco aproximado 3x2 m)

Coste de la planta 0,25 €/planta …….. 417,5 €/ha

Plantación con tractor agrícola con apero plantador, productividad 1/7 ha/h; Coste 45,23 €/h Coste de la plantación 876,61 €/ha

Abono coste 76,16 €/ha

Coste total de la plantación 1.370,27 €/ha

IV. Cuidados culturales

El pino pinaster y a los fines de producción de biomasa no precisa, en términos generales ningún tratamiento cultural, salvo quizás algún tratamiento de plaga y solo cuando esta es muy intensa

V. Corta final: Cosecha

En Galicia y Cornisa Cantábrica

El turno está condicionado por la máxima renta en especie, aunque también la densidad de plantación marca un momento en el cual la competencia entre los pies debilita toda la masa, no pudiendo entonces alargarse la edad de corta, por ello el turno lo marca ese

crecimiento y por tanto dependerá de la calidad de estación, pudiendo ser desde los 16 años en zonas costera de primera calidad y de hasta 28 años en zonas de interior y escasa calidad de suelo. En cualquier caso el turno medio se situará alrededor de los 20 años, con pies de 18-20 cm de diámetro y 11-12 m de altura, (esta edad coincidiría con el máximo crecimiento anual), alrededor de con un volumen aproximado de 0,18 m3/pies y un volumen total de fustes de 200 m3

En la Meseta

El turno medio se situará alrededor de los 40 años, con pies de 20-23 cm de diámetro y 11-12 m de altura, con un volumen aproximado de 0,18 m3/pies y un volumen total de fustes de 220 m3

La corta final se deberá hacer con autocargador dotado con cabezal cosechador en punta de grúa, que después del apeo de varios pies, carga estos en su remolque, dejando la punta hacia fuera del tractor.

VI. *Biomasa producida*

Especie		Nº de pies (ud/ha)	EDAD	D med (cm)	V total (m^3)	Biomasa total (ts)	**PCE anual (th/ha)**	**PCE anual (ts/ha)**	Total secas
P. pinaster	Atlantica	1670	20	19	200	130	13	6,5	130
	Mesogensis	1670	40	21,5	200	168	8,4	4,2	168

2. *Pinus radiata D. Don.*

El Pinus radiata D. Don., llamado vulgarmente en España pino insignis.

Su área natural queda restringida a pequeños núcleos a lo largo de la costa del Pacífico, al sur de San Francisco (EE.UU.), entre los 35º y los 37º N. Se ha difundido mediante repoblaciones en Nueva Zelanda, Chile, El Cabo y SO de Australia. En Europa lo encontramos en el SO.

I. *Condiciones ecológicas:*

No tolera los inviernos rigurosos, requiere, por el contrario, climas suaves y húmedos y vive hasta en las mismas orillas del mar. Su límite de altitud está en los 700 m.

No tolera bien la sequía estival, necesitando una precipitación bien repartida, mayor de 900 mm/año.

Rehúye los suelos calizos y prefiere lo silíceos algo ácidos de textura franco-arenosa. Tampoco tolera los suelos encharcados.

II. Preparación del terreno

Desbroce y preparación simultánea del terreno mediante Bulldozer 120 CV con desbrozadora de martillos y subsoladora que prepara el terreno con subsolado lineal en línea de máxima pendiente, con rendimiento de 1/8 ha/h. Coste horario 70 €/h, coste desbroce y preparación 560 €/ha

PROCEDIMIENTO DE DESBROCEY SUBSOLADO	PLANTACIÓN	DENSIDADPies/ha	TIPO DE PLANTA	ABONADO
Bulldozer 120 con desbrozadora y reja	Tractor agrícola con apero plantador abonador	1670 (2x3)	En envase	SI, abono granulado

III. Plantación

Nº de plantas 1.670 plantas/ha (plantación con marco aproximado 3x2 m)

Coste de la planta 0,25 €/planta …….. 417,5 €/ha

Plantación con tractor agrícola con apero plantador, productividad 1/7 ha/h; Coste 45,23 €/h Coste de la plantación 876,61 €/ha

Abono coste 76,16 €/ha

Coste total de la plantación 1.370,27 €/ha

IV. Cuidados culturales

El pino radiata y a los fines de producción de biomasa no precisa, en términos generales ningún tratamiento cultural, salvo quizás algún tratamiento de plaga y solo cuando esta es muy intensa.

V. Corta final: Cosecha

El turno está condicionado por la máxima renta en especie, aunque también la densidad de plantación marca un momento en el cual la competencia entre los pies debilita toda la masa, no pudiendo entonces alargarse la edad de corta, por ello el turno lo marca ese

crecimiento y por tanto dependerá de la calidad de estación, pudiendo ser desde los 12-13 años en zonas de mejor calidad hasta los 20 años en zonas de peor calidad. Para un turno medio de 16 años en calidades medias los árboles tienen un diámetro medio normal de 19 cm y una altura de 16 m, cubicando 170 m3 de fuste, con una producción de biomasa de 189,5 t secas por ha.

VI. Biomasa producida

Nº de pies (ud/ha)	EDAD	D med (cm)	V total (m^3)	Biomasa total (ts)	**PCE anual (th/ha)**	**PCE anual (ts/ha)**	Total secas
1670	16	19	170	189,5	23,7	11,8	189,5

La corta y saca hasta cargadero se realiza con un autocargador con cabezal cosechador.

3. *Pinus sylvestis* L.

El Pinus sylvestris L., llamado vulgarmente en España pino sivestre o albar (por la corteza de color claro, asalmonada.

Se extiende desde Portugal hasta Siberia, siendo una de las especies de mayor extensión de Europa.

En España se extiende desde el pirineo, Sistema Ibérico, Sistema Central, Cantábrica (LE y P), Maestrazgo, Sierra Nevada y Sierra de Baza. Ocupa una superficie aproximada de 1.140.000 ha en masas donde es la especie dominante. Mayor presencia en Aragón (25%), Castilla y León (23%) y Cataluña (16%).

I. Condiciones ecológicas

Los pinares de pino silvestre españoles se encuentran normalmente entre los 1.000 y 1.800 m con el óptimo en los 1.500 m. Estos límites no son estrictos y los puede superar ambos extremos.

El pino silvestre no es exigente en cuanto a suelos y aunque prefiere formaciones arenosas, profundas y frescas, también vive en calizas e incluso en terrenos con yesos. Principalmente se da en cambisols tanto de origen silícico como básico (suelos con un horizonte cámbico o de alteración), pero puede sobrevivir hasta en terrenos turbosos y muy húmedos.

Prefiere lugares con precipitaciones superiores a los 600 mm aunque vive bien en áreas con precipitaciones de hasta 400 mm, si bien una parte las precisa en verano. No es exigente por lo que respecta a la humedad relativa pero si lo es en cuanto a la humedad del suelo.

Es resistente a heladas, vientos y nevadas, así como a oscilaciones elevadas del ciclo térmico anual, hecho que le permite vivir en los bosques de Siberia con oscilaciones de hasta 70º.

Soporta bien la continentalidad y esto junto con las características definidas le confieren una gran amplitud ecológica hecho que explica que sea el árbol de más amplia distribución del mundo.

El pino silvestre tiene un temperamento robusto, de luz, colonizando bien los terrenos desarbolados pero creciendo mal a la sombra de otras especies.

II. Desbroce y preparación del terreno

Desbroce y preparación simultánea del terreno mediante Bulldozer con desbrozadora de martillos y subsoladora que prepara el terreno con subsolado lineal en línea de máxima pendiente, con rendimiento de 1/8 ha/h. Coste horario 70 €/h, coste desbroce y preparación 560 €/h.

PROCEDIMIENTO DE DESBROCEY SUBSOLADO	PLANTACIÓN	DENSIDA DPies/ha	TIPO DE PLANTA	ABONADO
Bulldozer 120 con desbrozadora y reja	Tractor agrícola con apero plantador abonador	1670 (2x3)	En envase	SI, abono granulado

III. Plantación

Nº de plantas 1.670 plantas/ha (plantación con marco aproximado 3x2 m)

Coste de la planta 0,25 €/planta …….. 417,5 €/ha

Plantación con tractor agrícola con apero plantador, productividad 1/7 ha/h; Coste 45,23 €/h Coste de la plantación 876,61 €/ha

Abono coste 76,16 €/ha

Coste total de la plantación 1.370,27 €/ha

IV. Cuidados culturales

El pino silvestre y a los fines de producción de biomasa no precisa, en términos generales ningún tratamiento cultural, salvo quizás algún tratamiento de plaga y solo cuando esta es muy intensa

V. Corta final: Cosecha

El turno está condicionado por la máxima renta en especie, aunque también la densidad de plantación marca un momento en el cual la competencia entre los pies debilita toda la masa, no pudiendo entonces alargarse la edad de corta, por ello el turno lo marca ese crecimiento y por tanto dependerá de la calidad de estación, pudiendo ser desde 50 y 60 años con pies de alrededor de 20 cm de diámetro normal y altura de 15 m, que proporcionan 230 m3 de fuste y 171,1 t secas por ha.

La corta final se deberá hacer con autocargador dotado con cabezal cosechador en punta de grúa, que después del apeo de varios pies, carga estos en su remolque, dejando la punta hacia fuera del tractor.

VI. Biomasa producida

Nº de pies (ud/ha)	EDAD	D med (cm)	V total (m^3)	Biomasa total (ts)	**PCE anual (th/ha)**	**PCE anual (ts/ha)**	Total secas
1670	55	20	230	171,1	6,22	3,11	171,1

La corta y saca hasta cargadero se realiza con un autocargador con cabezal cosechador.

4. *Pinus nigra* Arn.

El Pinus nigra Arn., llamado vulgarmente en España pino laricio, habita desde el Cáucaso hasta España y desde Chipre, norte de África hasta Austria y Bulgaria. En longitud va desde los 5º O hasta los 35ºE y en latitud desde 48º hasta los 35º N. Dentro del taxón, la forma hispánica la encontramos en la serranía de Cuenca, sistema Central y cordilleras Béticas. La variedad pirenaica de Pinus nigra Arn. subespecie salzmannii se extiende por Cataluña, Castellón (noroeste de la provincia, San Juan de Peña Golosa), Aragón (Prepirineo y Pirineo de Huesca), sur de Francia y de forma relíctica al norte del Sistema Ibérico (Soria-Burgos). La frontera artificial entre las dos variedades se sitúa en el río Turia. Ocupa una superficie de 870.000 ha. En España

I. Condiciones ecológicas:

Los pinares de pino laricio se encuentran normalmente entre los 800 y 1.600 m con el óptimo en los 1.100 m. Estos límites no son estrictos y los puede superar ambos extremos.

No es exigente en cuanto a suelos y aunque prefiere suelos calizos, poco pedregosos, escaso porcentaje de limo y de caliza activa.

El límite de precipitación está en los 700 mm, aunque vive bien en áreas con precipitaciones de hasta 600 mm, si bien una parte las precisa en verano. No es exigente por lo que respecta a la humedad relativa pero si lo es en cuanto a la humedad del suelo. Es resistente a heladas, vientos y nevadas, así como a oscilaciones elevadas del ciclo térmico anual.

II. Preparación del terreno

Desbroce y preparación simultánea del terreno mediante Bulldozer 120 CV, con desbrozadora de martillos y subsoladora que prepara el terreno con subsolado lineal en línea de máxima pendiente, con rendimiento de 1/8 ha/h. Coste horario 70 €/h, coste desbroce y preparación 560 €/ha

PROCEDIMIENTO DE DESBROCEY SUBSOLADO	PLANTACIÓN	DENSIDA DPies/ha	TIPO DE PLANTA	ABONADO
Bulldozer 120 con desbrozadora y reja	Tractor agrícola con apero plantador abonador	1670 (2x3)	En envase	SI, abono granulado

III. *Plantación*

Nº de plantas 1.670 plantas/ha (plantación con marco aproximado 3x2 m)

Coste de la planta 0,25 €/planta …….. 417,5 €/ha

Plantación con tractor agrícola con apero plantador, productividad 1/7 ha/h; Coste 45,23 €/h Coste de la plantación 876,61 €/ha

Abono coste 76,16 €/ha

Coste total de la plantación 1.370,27 €/ha

IV. Cuidados culturales

El pino laricio y a los fines de producción de biomasa no precisa, en términos generales ningún tratamiento cultural, salvo quizás algún tratamiento de plaga y solo cuando esta es muy intensa

V. Corta final: Cosecha

El turno está condicionado por la máxima renta en especie, aunque también la densidad de plantación marca un momento en el cual la competencia entre los pies debilita toda la masa, no pudiendo entonces alargarse la edad de corta, por ello el turno lo marca ese crecimiento y por tanto dependerá de la calidad de estación, pudiendo ser desde los 50 a los 70 años, según la calidad de estación. Los pies tendrán 19,5 cm de diámetro normal medio, 13 m de altura, con un volumen de fuste de 300 m3 y un total de biomasa de 172,7 ts

La corta final se deberá hacer con autocargador dotado con cabezal cosechador en punta de grúa, que después del apeo de varios pies, carga estos en su remolque, dejando la punta hacia fuera del tractor.

VI. Biomasa producida

Nº de pies (ud/ha)	EDAD	D med (cm)	V total (m^3)	Biomasa total (ts)	**PCE anual (th/ha)**	**PCE anual (ts/ha)**	Total secas
1670	60	19,5	300	172,7	5,76	2,88	172,7

La corta y saca hasta cargadero se realiza con un autocargador con cabezal cosechador.

5. *Pinus pinea* L.

El Pinus pinea L., llamado vulgarmente en España pino piñonero. Su área natural está comprendida entre los paralelos 30º y 45º N y los meridianos 28º O y 38º E. Se extiende por los países ribereños del Mediterráneo, desde Portugal hasta el Sur del Mar Negro. En España es frecuente en el Centro, Este y Sur, aunque su distribución natural es fuente de controversia. Ocupa una superficie de 480.000 ha en España muy repartidas, abundando en Huelva (30%) y en Valladolid (10%).

I. Condiciones ecológicas

Los pinares de pino piñonero se encuentran normalmente entre el nivel del mar y los 1.000m de altitud, aunque puede llegar en ocasiones a los 1.200m.

Por el conjunto de sus exigencias ecológicas, podemos calificarlo de heliófilo, xerófilo y relativamente termófilo. Prefiere terrenos arenosos, sueltos, profundos y frescos, de llanuras, mesetas, colinas y laderas de las montañas bajas, encontrándose la mayor parte de sus manifestaciones sobre depósitos cuaternarios y neógenos, a veces en manchas de rocas cristalinas disgregadles en finas arenas. Vive bien en dunas litorales e interiores y se aviene con sedimentos bastante carbonatados del Mioceno continental, si bien en conjunto prefiere los sustratos silíceos.

Rehúye o tolera mal las arcillas fuertes, margas y yesos. En las cercanías del mar soporta cierta salinidad, pero a costa de reducir el porte y vegetar en condiciones inferiores, no colonizando nunca los saladares. Los suelos de sus montes pertenecen a las series de los pardos, rendsiniformes, tierra parda meridional y arenales sin horizontes.

Requiere una precipitación media anual superior a 250 mm, recibiendo la mayor parte de su área entre 400 y 800 mm. Las repoblaciones artificiales se han efectuado en zonas con más de 350 mm. En cuanto a la precipitación estival, manifiesta la mayor resistencia, tolerando menos de 50 mm, aunque en zonas con capa freática accesible; en el Suroeste predominan las zonas con 50-75 mm de lluvia de mayo a septiembre, mientras que en el resto de su área la moda está comprendida entre 100 y 110 mm. Para el mismo período; la repoblación artificial se ha dirigido a comarcas con más de 70 mm en verano, con moda de 75-100 mm.

Soporta largas temporadas con humedad de ambiente muy reducida y ofrece gran resistencia a los vientos, incluso a los costeros impregnados de sal. Las temperaturas medias de enero en su área española son superiores a 3°, rara vez de 0° a 3°. Las medias de agosto son superiores a 20°, estando las repoblaciones casi localizadas en zonas con más de 22°. En el Sur soporta mínimas de -2° o -3° y en las mesetas de -12° o -13°, en algún caso hasta -19°. Las máximas estivales superan los 40°. Las cartas fenológicas revelan tres tipos de estaciones: las de las mesetas, con período vegetativo de duración media, las de las sierras del Sur, con comienzo precoz y fin tardío, pero con descanso estival, y las del litoral Suroeste, con período muy largo, de actividad atenuada por los vientos marinos intermitentes. La repoblación se ha dirigido especialmente al segundo tipo.

II. Preparación del terreno

Desbroce y preparación simultánea del terreno mediante Bulldozer 120 CV, con desbrozadora de martillos y subsoladora que prepara el terreno con subsolado lineal en línea de máxima pendiente, con rendimiento de 1/8 ha/h. Coste horario 70 €/h, coste desbroce y preparación 560 €/ha.

PROCEDIMIENTO DE DESBROCEY SUBSOLADO	PLANTACIÓN	DENSIDA DPies/ha	TIPO DE PLANTA	ABONADO
Bulldozer 120 con desbrozadora y reja	Tractor agrícola con apero plantador abonador	1670 (2x3)	En envase	SI, abono granulado

III. Plantación

Nº de plantas 1.670 plantas/ha (plantación con marco aproximado 3x2 m)

Coste de la planta 0,25 €/planta …….. 417,5 €/ha

Plantación con tractor agrícola con apero plantador, productividad 1/7 ha/h; Coste 45,23 €/h Coste de la plantación 876,61 €/ha

Abono coste 76,16 €/ha

Coste total de la plantación 1.370,27 €/ha

IV. Cuidados culturales

El pino piñonero y a los fines de producción de biomasa no precisa, en términos generales ningún tratamiento cultural, salvo quizás algún tratamiento de plaga y solo cuando esta es muy intensa

V. Corta final: Cosecha

El turno está condicionado por la máxima renta en especie, aunque también la densidad de plantación marca un momento en el cual la competencia entre los pies debilita toda la masa, no pudiendo entonces alargarse la edad de corta, por ello el turno lo marca ese crecimiento y por tanto dependerá de la calidad de estación, pudiendo ser desde los 40 a los 60 años, según la calidad de la estación. Tomando un valor medio de 50 años, los pies tendrán 19 cm de diámetro normal y 11 m de altura, con un volumen aproximado de 0,125 m3/pies y un volumen total de fustes de 208 m3 y biomasa total de 278,3 ts/ha

La corta final se deberá hacer con autocargador dotado con cabezal cosechador en punta de grúa, que después del apeo de varios pies, carga estos en su remolque, dejando la punta hacia fuera del tractor.

VI. Biomasa producida

Nº de pies (ud/ha)	EDAD	D med (cm)	V total (m^3)	Biomasa total (ts)	**PCE anual (th/ha)**	**PCE anual (ts/ha)**	Total secas
1670	50	20	234	245,8	9,83	4,9	245,8

La corta y saca hasta cargadero se realiza con un autocargador con cabezal talador.

6. *Pinus halepensis Mill.*

El Pinus halepensis Mill., llamado vulgarmente en España pino de carrasco o de halepo o pino blanco (en contraposición al pino negral, por la blancura de la corteza),

Su área natural comprende por toda la región costera mediterránea, desde Anatolia hasta la península Ibérica y desde el Norte de África al Languedoc y la Provenza francesas. En España abunda en las Islas Baleares, todas las provincias de la costa mediterránea más Lérida, Aragón, Guadalajara, Cuenca, Albacete y Jaén.

Ocupa una superficie aproximada de 1.500.000 ha. El 23% está en la Comunidad Valenciana, el 19% en Cataluña y el 14% en Castilla-La Mancha.

I. Condiciones ecológicas

El pino carrasco crece desde el nivel del mar hasta los 1.200 metros de altitud.

Es una especie tolerante a la sequía, creciendo normalmente en zonas con precipitaciones del orden de los 500 mm, aunque se sabe que en algunos puntos se desarrolla con apenas 200-250 mm.

Respecto al suelo, es indiferente en cuanto a su composición, ya que puede crecer en cualquier tipo de terreno vive sobre suelos básicos, aunque sus mayores desarrollos los tiene en suelos cercanos a la neutralidad. Tolera mal la salinidad. Tampoco tolera los suelos de textura arcillosa, muy compactos o encharcados. Prefiere los suelos sueltos y de textura equilibrada.

II. Preparación del terreno

Desbroce y preparación simultánea del terreno mediante Bulldozer 120 CV, con desbrozadora de martillos y subsoladora que prepara el terreno con subsolado lineal en línea de máxima pendiente, con rendimiento de 1/8 ha/h. Coste horario 70 €/h, coste desbroce y preparación 560 €/ha

PROCEDIMIENTO DE DESBROCEY SUBSOLADO	PLANTACIÓN	DENSIDA DPies/ha	TIPO DE PLANTA	ABONADO
Bulldozer 120 con desbrozadora y reja	Tractor agrícola con apero plantador abonador	1670 (2x3)	En envase	SI, abono granulado

III. Plantación

Nº de plantas 1.670 plantas/ha (plantación con marco aproximado 3x2 m)

Coste de la planta 0,25 €/planta …….. 417,5 €/ha

Plantación con tractor agrícola con apero plantador, productividad 1/7 ha/h; Coste 45,23 €/h Coste de la plantación 876,61 €/ha

Abono coste 76,16 €/ha

Coste total de la plantación 1.370,27 €/ha

IV. Cuidados culturales

El pino halepensis y a los fines de producción de biomasa no precisa, en términos generales ningún tratamiento cultural, salvo quizás algún tratamiento de plaga y solo cuando esta es muy intensa

V. Corta final: Cosecha

El turno medio se situará entre los 35 para zonas de primera calidad y 60 años, para escasa calidad. En calidades medias (altura dominante a los 100 años de 17 m, según Llobet et al.), alrededor de los 45 años, con pies de 13-14 cm de diámetro y 8 m de altura, con un volumen aproximado de 0,064 m3/pies y un volumen total de fustes de 106,5 m3

La corta final se deberá hacer con autocargador dotado con cabezal multitalador en punta de grúa, que después del apeo de varios pies, carga estos en su remolque, dejando la punta hacia fuera del tractor.

VI. Biomasa producida

Nº de pies (ud/ha)	EDAD	D med (cm)	V total (m^3)	Biomasa total (ts)	**PCE anual (th/ha)**	**PCE anual (ts/ha)**	Total secas
1670	45	13,5	106,5	65,5	2,91	1,45	65,5

7. Pinus canariensis Sweet ex Spreng.

El Pinus canariensis Sweet ex Spreng., llamado vulgarmente en España pino canario. Su área natural queda restringida a las Islas Canarias, muy utilizado en repoblaciones.

Forma bosques extensos en Gran Canaria, Tenerife, El Hierro, La Palma. Aparecen pies sueltos en La Gomera y falta en Fuerteventura y Lanzarote.

Ocupa unas 85.000 ha. El 83% en Sta. Cruz de Tenerife.

I. Condiciones ecológicas

La distribución del pino canario abarca las islas centrales y occidentales del Archipiélago, donde conforma importantes masas boscosas en las vertientes norte y sur de las islas, generalmente entre 300 y 2400 m. de altitud, aunque esto depende de la orientación y de las condiciones orográficas climáticas locales. La altitud ideal es de 1.200 m.

No resiste suelos calizos ni salinos. Se desarrolla en suelos neutros ácidos o muy ácidos en perfiles francos, o franco arenoso y franco arcilloso, no tolerando suelos impermeables.

No resiste las heladas pero tolera perfectamente la sequía y la humedad vegetando en zonas en donde la precipitación varía entre 350 y 3000 mm/año

II. Preparación del terreno

Desbroce y preparación simultánea del terreno mediante Bulldozer 120 CV, con desbrozadora de martillos y subsoladora que prepara el terreno con subsolado lineal en línea de máxima pendiente, con rendimiento de 1/8 ha/h. Coste horario 70 €/h, coste desbroce y preparación 560 €/ha.

PROCEDIMIENTO DE DESBROCEY SUBSOLADO	PLANTACIÓN	DENSIDADPies/ha	TIPO DE PLANTA	ABONADO
Bulldozer 120 con desbrozadora y reja	Tractor agrícola con apero plantador abonador	1670 (2x3)	En envase	SI, abono granulado

III. Plantación

Nº de plantas 1.670 plantas/ha (plantación con marco aproximado 3x2 m)

Coste de la planta 0,25 €/planta …….. 417,5 €/ha

Plantación con tractor agrícola con apero plantador, productividad 1/7 ha/h; Coste 45,23 €/h Coste de la plantación 876,61 €/ha

Abono coste 76,16 €/ha

Coste total de la plantación 1.370,27 €/ha

IV. Cuidados culturales

No precisa, en términos generales ningún tratamiento cultural, salvo quizás algún tratamiento de plaga y solo cuando esta es muy intensa

V. Corta final: Cosecha

Al no disponer de tablas de producción es difícil establecer un turno, Serrada propone realizar un clareo a los 25 años y una clara a los 35 para dejar 450-500 pies, esto significa que el turno para un cultivo energético debe situarse alrededor de los 35 años a lo sumo 40. A esta edad, el volumen unitario es de 0,14 m3, y el diámetro medio normal es de 14,5 cm, y con ello se puede establecer que la biomasa será de 100,9 ts/ha

VI. Biomasa producida

Nº de pies (ud/ha)	EDAD	D med (cm)	V total (m^3)	Biomasa total (ts)	**PCE anual (th/ha)**	**PCE anual (ts/ha)**	Total secas
1670	35	14,5	-	100,9	5,76	2,88	100,9

La corta y saca hasta cargadero se realiza con un autocargador con cabezal multitalador.

***Populus spp*.**

Las características más relevantes que hacen al populus una especie propicia para la producción de biomasa son entre otras, su rápido crecimiento, la amplia base genética con la que cuenta, ciclos de mejora breve, facilidad para la multiplicación vegetativa, capacidad de rebrote tras la corta, etc. Otra de las características del chopo es que en el proceso de combustión presenta un bajo nivel de emisiones y baja tendencia a la sinterización siendo por lo tanto una fuente limpia que ayuda al mantenimiento de los equipos.

Dentro de los cultivos, que a día de hoy se plantean, Se consideran cultivos forestales en turnos cortos, que en inglés se denomina Short RotationForestry (SRF) aquellos en los que se utilizan especies de crecimiento rápido, bajo un sistema de manejo intensivo y con un turno de corta entre los 2 y 10 años. Dependiendo de diferentes factores, como las especies utilizadas, las condiciones edafoclimáticas o el destino final que se plantee dar a la biomasa producida, los cultivos forestales en turnos cortos pueden realizarse mediante el cultivo de fustes individuales o recepando para producir múltiples brotes, lo que en la terminología anglosajona se denomina Short Rotation Coppice (SRC), con variaciones en la densidad inicial y en el turno de corta aplicado.

I. Ecología del chopo

I.1 Exigencias edáficas

Las condiciones ecológicas exigibles en suelos para esta especie son suelos de naturaleza aluvial, frecuentes en las zonas de vega, y todos aquellos suelos de regadío. Los suelos no han de ser necesariamente fértiles creciendo bien en suelos de relativamente escasa fertilidad para el cultivo agrícola. Al igual que muchos de los cultivos energéticos el pH se mueve entre los 5,8-8,5 siendo el óptimo el que ronda los 6,5-7. No soporta los suelos salinos. En lo referente a la textura prefiere suelos francos no compactos, es decir, suelos de texturas bien aireadas con un cierto contenido de arena. Igualmente se adapta bien a los suelos limosos-arcillosos. La textura óptima estaría compuesta por 60-70 % de tierra fina en el perfil accesible, y que esta tenga del orden de un 50 % de arena, menos del 25 % de limo, y del 5-30 % de arcilla para lograr los mejores rendimientos. Dada dicha textura descrita es necesario reducir la presión de la maquinaria sobre el suelo.

Las exigencias en volumen de suelo útil y accesible en plantaciones corto son menores que las de turno mayor, al ser menor la biomasa a sustentar antes de la corta. Ahora bien es necesario un mínimo de 80-100 cm de profundidad accesible. Además, se ven afectadas por la presencia de pedregosidad y capas impenetrables para el sistema radical, aunque esta puede ser combatida con una adecuada preparación del terreno antes de la plantación.

I.2 Exigencias climáticas

En general, todos los terrenos situados por debajo de los 1.000-1.200 m de altitud son favorables y útiles a éste tipo de cultivos, ya que principalmente la limitación viene impuesta por el frío siendo este el factor limitante. Aún así es más conveniente hablar de una adecuada duración del período vegetativo que de temperatura.

Las heladas tanto temprannas como tardías son un factor muy limitante. Una forma de soslayar dicho efecto es el empleo de clones de brotación más bien tardía, de forma que la fecha de brote se ajuste a las fechas sin riesgos de fuertes heladas. A pesar que los clones de brote más temprano suele tener una mayor producción ya que es mayor su período vegetativo, estos corren siempre mayores riesgos de heladas. Es conveniente evitar los fondos de valle.

Una precipitación elevada es favorable, al incrementarse la producción y reducirse el coste en riegos, los cuales parecen necesarios en toda España exceptuando la Cornisa Cantábrica especialmente en el período comprendido entre el 15 de mayo y el 15 de septiembre. Para otras especies susceptibles de uso silvoenergético, en especial en el caso de los Quercus, es posible el cultivo de secano. Ahora bien, cuando la precipitación es abundante exite mayor comepetencia por la existencia de hierbas en la plantación que aprovechan el agua superficial. Además, a pesar de una menor precipitación la plantación tendrá éxito si existe una capa freática accesible por las raíces como se ha comentado anteriormente (bien oxigenada, fresca y más bien superficial).Por otro lado no le convienen un exceso de nieve, por las roturas consecuentes en el tallar.

El género Populus por lo general no resiste suelos con un encharcamiento prolongado, además rechaza suelos mal drenados y con capas freáticas demasiado calientes o desoxigenadas.

El chopo es una especie exigente en cantidad de agua. Respecto a la necesidad de riego, cabe destacar que en zonas de ribera con capas freáticas permanentes a 50-150 cm de profundidad no es necesario por regla general complementar con riego. Además, el consumo de agua es menor que en plantaciones de mayor turno de corta.

A continuación se resumen las principales características de los lugares óptimos para su implantación.

El género populus se ha naturalizado ampliamente y aparce en todas las provincias de la Península Ibérica.

	Optima	máx	mín
Altitud	<1000-1200	1800	
Temperatura	≥-5˚C, en periodo vegetativo		
Ppm			
ph	6,5-7	5,8	8,5
Textura	Arenolimosa, arenoarcillosa y franco limoarcillosa		
Profundidad del suelo (nivel freático)	50-150 cm (en las zonas de ribera)		

II. Periodo vegetativo

Cuanto mayor sea el periodo vegetativo, mayor será la producción potencial en un lugar. Es importante identificar el clon que más se adapte al período vegetativo de la zona. Además, una exigencia característica del chopo es abundante luz solar, la cual no es limitante en España.

III. Labores de cultivo

III.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno tiene como fin mejorar las condiciones de crecimiento mediante la destrucción de las posibles capas impermeables al agua, facilitar la penetración en la profundidad del perfil edáfico de los sistemas radicales y el posterior desenvolvimiento de éstos eliminando las heterogeneidades internas del perfil.

La preparación del terreno se divide en tres fases:

- Subsolado pleno de 60-80 centímetros de profundidad a llevar a cabo en verano que facilite la penetración en profundidad de las raíces mediante la ruptura de cualquier posible capa impenetrable y apertura de canales de acceso a la humedad profunda del suelo, así como descompactación del suelo.

- Gradeo cruzado a 15-20 centímetros para facilitar el fácil hincado de las estaquillas y desgregar el suelo. Esta labor es necesaria llevarla a cabo en otoño tras las primeras lluvias de modo que se elimina la vegetación de competencia que surga tras ellas. Se realiza con tractores ligeros de baja presión de ruedas sobre el suelo que no perjudiquen las labores anteriores por compactación del terreno.

- Alzado a 40-50 centímetros de profundidad. Esta labor se llevará a cabo a los tres meses del gradeo y justo antes de la plantación generalmente en el mes de ferbrero para plantar entre febrero y marzo. Mediante esta labor se elimina enterrando la vegetación herbácea competidora y se ahueca y homogeneiza el terreno favoreciendo el desarrollo de los sistemas radicales superficiales.

III.2 Abonado de fondo

El abonado de fondo y de restitución con fósforo y potasio es imprescindible, para garantizar la duración de las cepas. Mientras, el abonado con nitrógeno es preferible evitarlo en el primer año de la implantación y del recepe ya que favorecen la aparición de hiebas competidoras.

Es aconsejable alcanzar un contenido de potasio de 200 p.p.m., por tanto, será necesario tanto antes de la plantación, como tras cada corta (abonado de reposición) el abonado con potasio del orden de 40-50 unidades por hectárea.

Respecto al fósforo es necesario alcanzar 10 p.p.m., lo que implica un abonado antes de la plantación y tras cada corta de 60-75 unidades por hectárea.

III.3 Estaquillado y plantación

Una buena estaquilla debe medir de 18-25 centímetros de largo y unos 20-30 milímetros de diámetro y tener, al menos, tres yemas. Es recomendable humedecer las estaquillas en caso de haberse resecado debido al transporte y almacenamiento remojándolas en agua fresca y oxigenada durante 48 horas. Además es necesaria la aplicación por inmersión con Fentión (Lebaycid) al 1 % de producto activo en agua, para eliminar posibles parásitos.

En la mayoría de los casos la orientación depende de la mejor longitud de la besana en la parcela. Ahora bien en caso de grandes parcelas hay que destacar la conveniencia de una orientación Este-Oeste, incluso algo Sureste-Noroeste para recoger así la mayor cantidad de luz posible aumenando la capacidad fotosintética, al reducirse al máximo la posible sombra entre las plantas.

Como es lógico en caso de terrenos con algo de pendiente, lo cual no es lo razonable, las filas de plantación (las de mayor densidad) deberán disponerse según curvas de nivel ya que la maquinaria se moverá en los distintas labores en dicha dirección.

La plantación se puede llevar a cabo de forma manual obteniéndose unos rendimientos de 1.200-1.300 estaquillas por jornal o de forma mecanizada mediante plantadoras tanto forestales como agrícolas las cuales aumentan considerablemente el rendimiento.

En ausencia de maquinaria específica de plantación se puede emplear un tractor agrícola de poca potencia en el que se acopla dos abresurcos a una distancia entre sí similar a la de las filas y con dos ruedecillas de compactación de modo que simultáneamente el peón va introduciendo la estaquilla. La distancia entre estaquillas se puede controlar mediante una rueda de plantación.

III.4 Marco y densidad de plantación

- Los tres efectos que parecen influir de forma significativa en la decisión de los diseños de las plantaciones y el manejo de los cultivos forestales energéticos son las siguientes (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), 2007):

- La ley de producción constante final, en la que se postula que el rendimiento de biomasa se incrementa con la densidad, si bien a partir de una densidad determinada la producción se hace independiente de la misma, lo cual podría utilizarse para determinar el número máximo de estaquillas por hectárea en plantaciones SRF.

- ii) Se establece una competencia entre individuos con la presencia de árboles dominantes y dominados. El tiempo de corta deberá establecerse sobre estos estados de competencia, para evitar la disminución de la viabilidad de la cepa

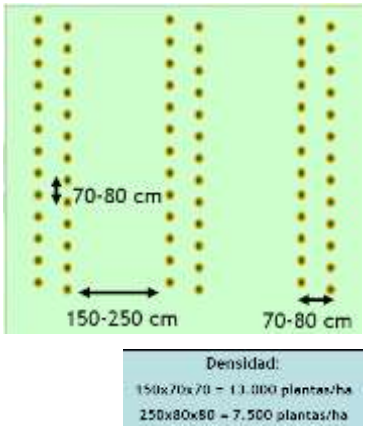
- iii) Según la ley de autoaclareo de Yoda (1963) la biomasa total por unidad incrementa exponencialmente sin mortalidad hasta el cierre de copa. Después del cierre de las copas las plantas detendrán su crecimiento si la densidad no se reduce. El espaciamiento y el turno de corta deben equilibrarse para evitar pérdidas por competencia dentro de cepa y la masa. Además de estas dos variables, deben considerarse otras como la duración de la plantación, mortalidad, posibles pudriciones y costes.

- Las conclusiones a las que se llega (Picchi, 2007) son, en función del turno de corta, del producto y de las máquinas empleadas en el cultivo y la cosecha:

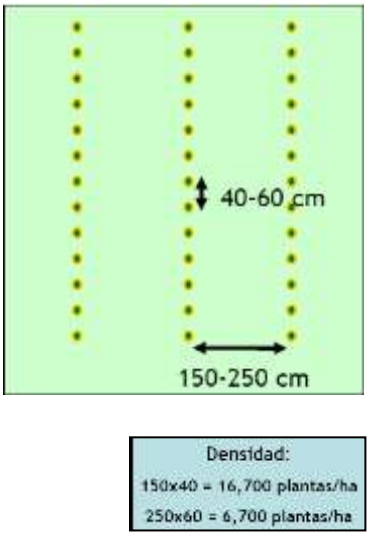
- En los turnos cortos se usan densidades elevadas, con esquema de implante en hileras simples o dobles

- En los turnos largos la densidad disminuye y las hileras son simples.

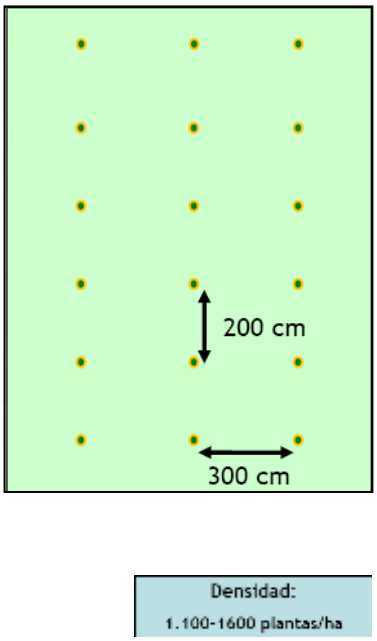
Hilera doble turno 1 año



Hilera simple turno 2 años



Hilera simple turno 5 años



Las razones de selección de una densidad u otra pueden ser muy variables: maquinaria disponible para la realización del trabajo, necesidad de biomasa a obtener en un momento concreto (una masa espaciada puede retrasar su turno de corta de modo que suministre el material en un momento puntual de mayor demanda), diámetro a obtener en el momento de la corta y turno, limitaciones por el capital invertido, etc. La densidad de plantación que se propone es de 1.800 estaquillas/hectárea ya que parece la más adecuada para obtener pies de corta de unos 12,5 cm Dg cc. En turnos de 4 años, pudiendo obtener diámetros de 10 y 15 cm en el caso de turnos de 3 y 5 años respectivamente. Respecto al marco, en general se suele tener una distancia entre filas de 2 a 3,5 m para facilitar las labores de tractor, siendo la distancia entre plantas de una misma fil variable entre 0,5 y 2 m. Se propone como marco 2,5 x 2,2 m.

III.5 <u>Época de plantación</u>

La época idónea de plantación es una vez finalizadas las fuertes heladas, es decir, en los meses de febrero-marzo pudiéndose prolongarse a marzo-abril mediante el empleo de estaquillas conservadas en frío. Las estaquillas se llevan al campo en paquetes de 100 estaquillas para su mejor manejo. La implantación debe realizarse lo más vertical posible y con las yemas hacia arriba. Además es conveniente llevar a cabo tras la implantación un primer riego para un adecuado asentamiento en el suelo. Una vez mojado el suelo y asentado el material es conveniente que la parte aérea permanezcan dos yemas.

La plantación se puede llevar a cabo de forma manual obteniéndose unos rendimientos de 1.200-1.300 estaquillas por jornal o de forma mecanizada mediante plantadoras tanto forestales como agrícolas las cuales aumentan considerablemente el rendimiento.

III.6 Reposición de marras

No es normal la necesidad de reposición de marras, ahora bien, en caso de necesidad ésta deberá ser llevada a cabo de forma manual durante las tres primeras semanas tras el brote. Por tanto, es necesario el almacenamiento en frío de estaquillas de reposición.

IV. Tratamientos culturales

Los principales tratamientos a llevar a cabo a lo largo de la vida de la plantación son los laboreos, abonados y riegos. No se llevan a cabo tratamientos de corta intermedios (podas, clareos y claras).

Las escardas se llevarán a cabo a lo largo del primer año y medio tras el estaquilladoy recepe, para evitar la competencia de la vegetación herbácea. Además como actuación inicial antes de la plantación es conveniente una escarda seguida de un buen barbechado o, incluso, de un buen tratamiento herbicida para reduir la agresividad inicial de la vegetación herbácea.

IV.1 Escardas y binas

Se trata de pequeños gradeos superficiales y leves pasos de “rotavátor” con una profundidad máxima de 10 cm. El número de pases necesarios depende de la fertilidad del lugar, las precipitaciones y riegos, iluminación, ect., siendo de forma general necesarios, dado el rápido crecimiento de la masa arbórea, el primer año de 2 a 4 pases, disminuyendo el segundo a 1 ó 2, ya que se disminuye la competencia ejercidad por hierbas competidoras.

En ocasiones se han empleado herbicidas (por ejemplo metramitrona a dosis de 5.600-7.000 gr/ha) aunque resultan contaminantes y de difícil aplicación.

IV.2 Abonados

Parece suficiente un abonado de fondo compuesto por 75 unidades de fósforo y 50 de potasio, y un abonado superficial de cobertura de 75 de nitrógeno. El abonado de fondo es aconsejable en la plantación y tras cada corta, aplicando el de nitrógeno sólo cuando las hojas no muestren un color intenso verde y saludable.

IV.3 Desmamonados de cepa

Existe una discusión constante sobre su conveniencia o no. Por un lado la producción en biomasa de un tallar es máxima cuando no se realiza limpieza ni desmamonado y además tradicionalmente no se han llevado a cabo, pero por otro un desmamonado temprano favorece el crecimiento del único brote, alcanzando mayores dimensiones y abaratando los costes a la hora del aprovechamiento y transporte (es más barato transportarlo en trozas que el astillarlo directamente en campo (siempre dependiendo de la distancia de transporte claro está). Además, el no desmamonado implica un menor turno de corta ya que las masas llegan antes a su estancamiento debido al numeroso número de brotes.

Por tanto, es planteable la realización del desmamoneo.

"*Un podador avanza a ritmo de 1.200 cepas desmamonadas por jornal; 2/3 de hectárea en nuestro modelo inicial de plantación*" (Montoya Oliver).

IV.4 Riegos

El período de riego se centra de forma general entre el 15 de mayo y el 15 de septiembre. Se deben realizar entre 4 y 6 riegos dependiendo de la zona espaciados entre 30 y 20 días.

Montoya Oliver propone el siguiente calendario para zonas de elevado déficit:

- Primer riego: 15 de mayo.
- Segundo riego: 15 de junio.
- Tercer riego: 5 de julio.
- Cuarto riego: 25 de julio.
- Quinto riego: 15 de agosto.
- Sexto riego: 15 de septiembre.

Respecto a la cantidad a aplicar en cada riego, depende también del déficit hídrico de la zona variando, según datos de Montoya Oliver, entre un consumo mínimo de 600-1200 m3ha y riego, en cuatro riegos, es decir, 2.400-4.800 m3/ha/año; un riego más usual de unos 900 m3/ha/riego en 5 dosis, unos 4.500 m3/ha/año; otro más intenso de 6 riegos de unos 900 m3/ha/riego, unos 5.400 m3/ha/año; y el caso límite, y en años particularmente secos, se podrían alcanzar hasta 7 riegos de 1.200 m3/ha/riego, es decir hasta 8.400 m3/ha/año.

De forma general se puede hablar de entre (3.600)-4.500-(5.400) m3/ha/año, lo cual suponiendo un período vegetativo de 6-7 meses en condiciones de regadío, supone una aportación de 2-2,6 milímetros al día.

El riego por goteo parece el idóneo aunque resulta costoso, 1.200-1.500 €/ha, lo que junto con los costes de plantación y a las dificultades asociadas de mecanización, harían inviables económicamente este tipo de cultivos. Ahora bien aunque el riego a manta resulta mucho más económico, este tipo de riego se emplea en zonas de escasa agua o con productos de alta producción económica por hectárea y año, casos que no son compatives con el tipo de cultivo tratado.

IV.5 Prevención y mantenimiento de daños y plagas

La mayor parte de los clones existentes resisten bien y sin graves perjuicios los daños producidos por heladas.

Se presentan daños por royas en masas demasiado espesas o muy regadas y abonadas. Aunque el clima normalmente seco y soleado favorece su no aparición.

Se han observados daños por Gypsonoma aceriana y Melampsora larici-populina.

Como medida preventiva sanitaria general, se ha aconsejado el no plantar nunca masas de un solo clon, proponiendo la plantación mediante mezcla por rodales.

Como lucha contra los insectos perforadores se aconsejan turnos demasiado largos, ni el cultivo sin unas condiciones de riego suficientes. En caso de ataques, algunos riegos profundos son el mejor sistema de lucha biológica.

Aunque no es muy generalizado el tratamiento con fungicidas e insecticidas, cuando se lleven a cabo ser realizarán sobre las cepas recién cortadas.

Los daños del viento no son destacables ya que no se deprecia en todo caso mucho menos el producto derribado dada la finalidad de éste.

Maquinaria: No se tienen especiales necesidades de maquinaria, siendo empleables aquellas máquinas habitualmente disponibles en la agricultura común.

Entre las máquinas y aperosnecesarios se encuentran: Unpequeño rotavátor o un pequeño tractor agrícola dotado del apero correspondiente para la escarda mecánica para el control de la hierba en competencia, la maquinaria correspondiente a tratamientos de plagas y abonadora centrífuga para el abonado de fondo y de cobertura.

V. Corta

Las plantaciones realizadas en altas densidades y turnos cortos han tenido a lo largo de los años diferentes intereses productivos. Inicialmente el interés se centró en la producción de fibra para uso papelero o de tableros, sin embargo a partir de la primera crisis energética se contempló también la posibilidad de su utilización como posible fuente de energía alternativa. Han sido numerosos los espaciamientos ensayados en parcelas experimentales de estos cultivos con el objetivo de incrementar los rendimientos productivos y encontrar la densidad óptima para un ciclo de producción y especie determinada. Así se ha probado desde densidades bajas en torno a 1.000 pies/ha hasta los 310.000 pies/ha. Conjuntamente con la densidad de plantación también se han ensayado diferentes turnos corta, desde turnos anuales hasta turnos próximos a los habituales para estas especies de crecimiento rápido (unos 14 años), con el fin de optimizar el cultivo y su aprovechamiento.

Según explica Montoya Oliver el régimen de cortas sería el siguiente:

Primera corta: Para alcanzar un diámetro de corta de 12,5 cm Dg con una densidad de plantación de 1.800 estaquillas/ha (5,5 m2 por estaquilla) la edad de corta es de 6-7 años, aunque se podría adelantar la corta 1-2 años antes por razones de necesidades de abastecimiento, y sin pérdida notable de dimensión o producción bruta (sí tal vez en valor residual en pie) ni abusar excesivamente de las cepas.

Sucesivas cortas: Para alcanzar un diámetro de corta de 12,5 cm Dg con una densidad de plantación de 1.800 estaquillas/ha (5,5 m2 por estaquilla) la edad de corta es de 4 años, aunque se podría llegar a cortar 1 año antes si es preciso forzar el abastecimiento.

Número de recepes: Se consideran 4 recepes, por tanto 5 cortas, la primera a los 6 años y las restantes a los 4, es decir, un total del ciclo de 22 años.

Resumen del programa selvícola

Tomando como referencia nuestra calidad general II.
Marco inicial de estaquillado, en todas las calidades, de 2,5 x 2,2 m. o equivalente (1.818 pies/ha).
Diámetro en corta 12,5 cm. Dg cc. Máximo posible con buen rendimiento en el tallar (1/3 de Dg a M.A.), y óptimo para el aprovechamiento y el transporte, en su caso, de trozas. Peso medio 78 Kg. Volumen 0,111 m^3.
Escardas iniciales, un desmamonado por cada rebrote, 4-6 riegos anuales según déficit hídrico local, y abonados (0-75-50) de reposición y para la conservación de cepas tras cada corta, con la excepción de la última.
Turno "tecnológico" a aplicar en corta de puesta en fábrica de 6 años, y en las cortas en tallar de tan sólo 4 años. Flexibilidad máxima en ambos casos de 1 año, en más o en menos: (5)-6-(7) y (3)-4-(5).

Rendimiento en biomasa total en corta de puesta en fábrica de 10,5 toneladas métricas totalmente secas por hectárea y año (monte alto) y rendimiento en cortas sucesivas de 17,5 ts/ha/año en el tallar.
Cortas sin hojas ni savia. Cosecha total de 63 ts en puesta en fábrica, y de 70 ts en cada una de las sucesivas cuatro cortas del tallar a los 4 años.
Se deduce una cosecha total en 5 cortas (1 + 4) a lo largo de 22 años (6 + 4 +4 +4 +4) de 343 ts totales, totalmente secas, de biomasa; media de 15,6 ts/ha/año. 31 th/ha/año húmedas en corta.
PCI (4.100 Kcal/kg) 63,96 millones de Kcal/ha/año. CO_2 sustituido (1,63 Kg/Kg) 25,43 ts/ha/año. CO_2 medio retenido en vuelo 280 TN.

Fuente: Montoya Oliver

VI. *Producción de Biomasa*

En este texto se presenta los valores aportados por Picchi, G. (2007)10.

El autor presenta tres alternativas combinando diferentes turnos de corta con distintas densidades.

Especie	Cod	Tratamiento selvícola	Nº de pies (ud/ha)	Diámetro (cm)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (MWh/año)	PPB competitiva anual (MJ/año)
Populus alba	51	Corta con turno=1	14000	6	11-14	5,98	69,97	250000
Populus alba	51	Corta con turno=2	6000	10	18	8,60	100,75	360000
Populus alba	51	Corta con turno=5	1100	22	13	6,21	72,77	260000

Montoya Oliver aporta los siguientes datos en función al régimen de cortas que propone anteriormente:

Biomasa acumulada en la primera corta:

CALIDADES GENERALES DE ESTACIÓN. PRIMERA CORTA. TONELADAS SECAS EN CORTA			
CALIDADES	**Desde**	**A**	**media**
I	69,30	81,90	75,60
II	56,70	69,30	63,00
III	44,10	56,70	50,40
IV	31,50	44,10	37,80

Fuente: Montoya Oliver

[10] Cultivos energéticos leñosos (SRC) . *Jornades sobre l'aprofitament energetic de biomasa llenyosaa Catalunya,* . Barcelona

Biomasa acumulada en sucesivas cortas

CALIDADES GENERALES DE ESTACIÓN. TALLAR DE CHOPO. TONELADAS SECAS EN CORTA. ROTACIÓN 4 AÑOS			
CALIDADES	**Desde**	**a**	**media**
I	77	91	84
II	63	77	70
III	49	63	56
IV	35	49	42

Fuente: Montoya Oliver

Cultivo de Rebollo-Quejigo en secano

Masas de rebollo en Segovia

I. *Condiciones ecológicas*

Pendiente <20%

Suelos: Neutros o ácidos pH<7,5 para rebollo y neutros o básicos para quejigo pH>7

Pedregosidad superficial: Sin limitaciones

Climatología: Sin límites en España

Precipitación media >500 mm

II. *Preparación del terreno*

Desbroce y preparación simultánea del terreno mediante Bulldozer 120 CV con desbrozadora de martillos y subsoladora que prepara el terreno con subsolado cruzado, con rendimiento de 0,7 ha/h y coste horario 54,56 €/h.

III. *Plantación*

Nº de plantas 2000 plantas/ha.
Coste de la planta 0,44 €/planta …….. 880€/ha

Plantación con tractor agrícola con apero plantador, productividad 0.5 ha/h; coste 41,6 €/h

IV. *Abonado.*

Al mismo tiempo que se realiza la plantación se va a realizar el primer abono.

Aunque existen distinto tipos de combinaciones, para los tipos de cultivos que tenemos se ha decidió un abono N/P/K de concentración 11/22/9, de liberación lenta. Se considera una cantidad de 250 gramos por planta.

El segundo abono se realiza con tractor productividad 0.5 ha/h; coste 41,6 €/h, se estiman las mismas cantidades de abono. Finalmente después de la primera corta se realiza un último abonado de las mismas características.

V. Corta final cosecha

Turno de primera cosecha 30 años, turnos de siguientes cosechas cada 15 años hasta completar el turno de 175 años, en la última corta se incluye también el destoconado.

Género	Densidad (pies/ha)	Edad	Diámetro (cm)	Posibilidad (ts/ha)	Posibilidad (Th/ha)
Quercus sp.	2000	30	13,5	75	150
		25	12,5	69,1	138
		50		69,1	138
		75		69,1	138
		100		69,1	138
		125		69,1	138
		150		69,1	138
		175		69,1	138
				17,275	34,55

La cosecha se realizará utilizando mediante tractor autocargador con cabezal cosechador acumulador, de coste horario 88.42 €/h y una productividad dependiendo de los diámetros de cada producción en este caso el rendimiento se ha estimado en 11,67T/h.

La biomasa es transportada a cargadero con un tractor autocargador con un coste horario de 76,25 €/h y cuyo rendimiento toma el siguiente valor:

- 0,014·Dd + 14,37

Donde Dd es la distancia de desembosque que para este estudio se ha fijado en 350 metros.

A este rendimiento, en función de la pendiente, se le aplica un coeficiente de movilidad (cm).

	pendiente	**cm**	**Dist. fijada**	**Dist. final**
terreno forestal	12,5-30%	1,4	0,350km	0,49 km
terreno agricola	<12,5 %	1	0,350km	0,35km

Al ser un terreno forestal el rendimiento finalmente del tractor autocargador, una vez aplicada la distancia de desembosque y el coeficiente correspondiente tiene un valor de 14,36T/h.

Una vez recogida la biomasa se astilla en cargadero con un una astilladora tiene un coste horario de 83,53€/h y un rendimiento de 16,5 T/h.

El transporte de cargadero a central se lleva a cabo a través de un camión piso móvil cuyo coste horario es de 83,17 €/h cuyo rendimiento depende de parámetros a introducir por el usuario.

Rdto camión piso móvil (T/h)=24,5/(0,42+∑Ti/vi

Donde Ti es el trayecto de ida y vuelta y vi es la velocidad que se puede alcanzar en la vía

VI. Destoconado

De forma general para el destoconado se ha optado por el mismo sistema para todos los cultivos.

Una retroexcavadora, con un rendimiento de 0.3ha/h y con un coste horario de 48 €/h, destocona. Le sigue una reunión con un Bulldozer con un coste horario de 54,56 €/h y un rendimiento de 0,3ha/h. Para el transporte a central se utilizará un camión tráiler con un coste horario de 84,19 €/h.

Para el transporte a central se utilizará un camión tráiler con un coste horario de 84,19 €/h, cuyo rendimiento depende de parámetros a introducir por el usuario.

Rdto tráiler (T/h)=0,7+∑Ti/vi

Donde *Ti* es el trayecto de ida y vuelta y *vi* es la velocidad que se puede alcanzar en la vía.

Una vez en central los tocones son pretriturados con una pretriturada cuyo coste horario es de 88,09 €/h y con un rendimiento de 15,32T/h, cribados para quitar las impurezas con una cribadora con un coste horario de 52,7 €/h y con un rendimiento de 82,2 T/h. Posteriormente el proceso se cierra con el triturado con un trituradora cuyo coste horario es 109,1 €/h y su rendimiento es de 13,89 T/h

Otros géneros no incluidos en ele estudio pero a tener en cuenta:

Los géneros Salix, Populus y Eucalyptus se consideran como los de mayor potencial en el ámbito de la Unión Europea. Se trata de especies de crecimiento muy rápido, que cuentan además con una base genética amplia, ciclos de mejora breves, facilidad para la multiplicación vegetativa, capacidad de rebrotar tras la corta, etc., características, todas ellas, que las adecuan para esta finalidad productiva.

Es necesario resaltar las numerosas experiencias que se están llevando a día de hoy con otras especies forestales.

De entre las muchas especies arbóreas forestales que potencialmente pueden ser utilizadas para la producción de biomasa en turnos cortos cabe destacar Robinia pseudoacacia, Ailanthus altissima, Fraxinus spp., Acacia spp. , Alnus spp. , Casuarina spp. Gmelina arborea, Platanus spp., Prosopis spp., Tectona spp, Ulmus pumila, diferentes géneros agrupados bajo la denominación de bambúes como Bambusa spp. o Yushane spp., etc.

Salix spp

El mimbre se presenta a día de hoy como una de las opciones para cultivos energéticos debido a su alto rendimiento. Se considera mimbre principalmente a la especie Salix Viminalis pero también Salix fragilis y Salix purpurea.

En este apartado se recogen las pautas para la producción de mimbre así como un modelo de producción de biomasa. Es necesario evaluar la viabilidad y/o potencial económico antes de decidirse por esta especie para el cultivo energético, ya que debido a su carácter higrófilo los terrenos apropiados para el mimbre también lo serán para el chopo. A bote pronto la elección entre un cultivo u otro estará marcada por las necesidades de biomasa tanto en cuantía como en tiempo.

I. Ecología del mimbre

I.1 Exigencias climáticas

La mimbrera habita en climas templados a templado-fríos, de hecho se cultiva en clima continental, soportando temperaturas por debajo de 0ºC, aunque es muy sensible a las heladas, sobre todo las tardías.

Es una especie mesoterma (capaz de habitar en climas templados con temperatura media anual entre 6-10ºC), soportando bien las altas temperaturas estivales siempre que se disponga de agua suficiente para su riego, los cuales deben ser poco copiosos por no soportar la mimbrera los encharcamientos de terreno prolongados.

Se trata también de una especie higrófila de resistencia media a la aridez, pudiendo habitar desde climas secos a húmedos.

Dentro de la península ibérica, la mimbrera se encuadra dentro de la región biogeográfica de los bosques de ribera y fondo de valle, es decir, dentro de las especies típicamente ripícolas que representan enclaves favorecidos por la humedad del suelo, que se mantiene casi todo el año y que les permite evitar el largo periodo de sequía estival típico de zonas continentales (López, 1991)

I.2 Exigencias edáficas

Aunque la mimbrera es indiferente a la naturaleza del substrato, prefiere los suelos ligeramente ácidos, no siendo aptos para su cultivo los terrenos calizos, en los que la producción disminuye considerablemente y pueden aparecer problemas de clorosis férrica.

Los suelos arcillosos o arcillosos-silíceos, e incluso los arcillo-calcáreos, son los más indicados para el cultivo del mimbre, desechando los suelos humíferos, que son demasiado ácidos debido a sus altísimos grados de descomposición de materia orgánica (E. Leroux, 1926).

El pH conveniente para el cultivo del mimbre varía entre 6,6 y 7,5, siendo el idóneo 7,2 (E. Orozco, 1991). En la zona de estudio los suelos destinados a este cultivo son superiores a 7,5.

Respecto a la textura del suelo, los suelos más indicados son los suelos franco-arcillosos y franco-arenosos, de consistencia media, sueltos, profundos y frescos, resultando imprescindible el drenaje para evitar los encharcamientos prolongados ya que la mimbrera requiere frescor pero no agua permanente.

En el siguiente cuadro se presentan las principales características de los lugares óptimos para su implantación: El mimbre teniendo en cuenta las especies que se mencionaron anteriormente, se encuentra en toda la península.

	Optima	Máx	Mín
Altitud (msnm)		1900	Nivel del mar
Temperatura (˚C)	6-10	40	0
Ppm (mm)			
ph	7,2	7,5	6,6
Textura	suelos franco-arcillosos y franco-arenosos, de consistencia media, sueltos, profundos y frescos		
Profundidad del suelo (nivel freático) (cm)	50 cm		

En lo referente a las precipitaciones es necesario advertir que en este apartado de cultivos energéticos se plantean cultivos tanto de secano como de regadío y que por lo tanto aunque siempre será mejor disponer de agua de precipitación, sobre todo en altas temperaturas, se puede adecuar la cantidad de agua que llega al cultivo.

II. Periodo vegetativo

En el desarrollo de las mimbreras se pueden distinguir cuatro fases o periodos:

- Fase de brotación: Tiene lugar sobre la primera quincena de abril. El crecimiento al principio es muy lento y la mimbrera es muy sensible a las condiciones metereológicas adversas y al ataque de plagas y enfermedades.

- Fase de crecimiento: Tiene lugar sobre el final de la primavera y comienzo del verano. Durante esta época la actividad fotosintética es intensa y el crecimiento en longitud es mayor que en diámetro, consiguiéndose las mayores longitudes del mimbre.

- Fase de madurez: Tiene lugar sobre el final del verano (mes de agosto y primera quincena de septiembre), y durante ella el crecimiento en longitud se ve ralentizado y aumenta el crecimiento en diámetro, los mimbres engruesan, toman consistencia y se disponen de forma erguida. Esta fase es la que determina la posterior calidad del mimbre.

- Fase de parada vegetativa: tiene lugar durante todo el invierno, desde los meses de octubre y noviembre hasta marzo y abril. Durante este periodo el mimbre pierde la hoja, se detiene su crecimiento en longitud y grosor, y se produce de forma natural la lignificación de la madera, quedando en estado óptimo para su recolección, que tendrá lugar durante los meses de diciembre a marzo.

FASES	EN	FB	MZ	AB	MY	JN	JL	AG	SP	OC	NV	DC
Brotación												
Crecimiento												
Madurez												
Vegetativa												

III. Labores de cultivo de mimbre

Previo a la plantación del mimbre es necesario la preparación del terreno con las maquinas adecuadas. Se contempla tanto la rotura de horizontes endurecidos como la limpieza de vegetación como la mezcla óptima de los abonados o fertilizantes del suelo.

		INTERVENCIÓN											
ESPECIE	**EDAD**	**EN**	**FB**	**MZ**	**AB**	**MY**	**JN**	**JL**	**AG**	**SP**	**OC**	**NV**	**DC**
mimbre	0			abonado							subsolado y dos vertederas		varas sumergidas
mimbre	1	vertedera varas sumergidas abonado inorgánico		cultivador - rotovator - abonado- 1 bina -plantación		2 o 3 binas							recogida
mimbre	2	recogida a)de diciembre a principios de marzo b)mediados de abril a principios de mayo escardas químicas							escardadas				

III.1 Preparación del terreno

i. Labores primarias

– Subsolado: La primera labor, y por ello la más grosera, se realizará por medio de un subsolador con dos o tres rejones o un pase profundo de vertedera. Dicha labor tiene lugar entre cinco o seis meses antes de la plantación, correspondiendo con los meses de octubre o noviembre, creando galerías a profundidades entre 40-60 cm e incorporando el estiércol que previamente ha sido esparcido por el terreno mediante un remolque repartidor o de forma manual.

– Conviene realizar esta operación con el suelo relativamente seco y previo a las heladas, de forma que la descomposición se encuentre muy avanzada en el momento de la plantación.

– Vertedera: Posteriormente, tres o cuatro meses después del estercolado y unas fechas antes de la plantación (1-2 meses) se realizará una buena y profunda labor de vertedera (30-40 cm) incorporando los abonos fosforados y potásicos.

– Se aconseja dos pases: el primero a mediados de octubre, y el segundo a mediados de noviembre. De esta manera conseguimos enterrar las semillas de malas hierbas a tal profundidad que no sean capaces de brotar, además de proporcionar al terreno una mayor capacidad de retención del agua de lluvia en invierno.

ii. Labores secundarias

– Cultivador: Seguidamente a las labores de fondo y entre 15-20 días antes de la plantación, se darán unos pases cruzados de cultivador con la función de escarda de las malas hierbas y desmenuzamiento de los terrones de tierra, siendo esta labor muy superficial y de poco compromiso con la estructura del suelo.

– Rotavator: Por último, unos 4-5 días entes de la plantación, conviene dar un pase de rotavator que sirve de preparación del lecho donde van a ser introducidas las estacas (sistema de propagación utilizado para la propagación del mimbre).

– Todas estas labores, tanto las de fondo como las superficiales, estarán en función del sistema de plantación utilizado, pudiendo suprimirse algunas de ellas. Pero el hecho de realizarse actualmente casi la totalidad de las plantaciones mediante el sistema de "plantación en llano", exige que se realicen todas las labores anteriormente descritas.

III.2 Abonado de fondo

– Abonado orgánico: Con anterioridad a la plantación y en la medida de lo posible, en el año anterior a su realización se aportarán 25.000-30-000 Kg/ha de estiércol bien fermentado enterrándolo mediante labor profunda. En el caso de suelos ácidos se realizará la correspondiente enmienda caliza con anterioridad a la estercoladura (Alcántara, 1987).

– Con esta aportación de estiércol lo que se pretende es un enriquecimiento del suelo en humus, mejorando las propiedades físico-químicas del suelo, y a su vez como papel suministrador de nutrientes, acelerando la actividad microbiana de suma importancia para poder ser asimilados por parte del mimbre.

– Abonado inorgánico o mineral: Este tipo de abonos son el complemento de los elementos minerales existentes en el suelo, por lo que su empleo depende de:

- La fertilidad actual del suelo.
- Las necesidades nutritivas del cultivo.
- La producción esperada.

Aunque no presenta ninguna limitación su empleo durante el estercolado, conviene realizarlo después de éste y uno o dos meses antes de la plantación para evitar sus posibles pérdidas por evaporación y lixiviado. Este tipo de abonado tiene como función principal proporcionar al mimbre una fuente de alimentos nutritivos para un correcto desarrollo.

Todo el género Salix sp. presenta una gran apetencia por el fósforo y afinidad por las micorrizas (captadores de fósforo). Debido a que la descomposición del estiércol genera solamente grandes cantidades de nitrógeno asimilable, es necesario aportar ácido fosfórico y potasio en forma mineral, pues de estos dos dependerá fundamentalmente obtener mimbre de calidad.

En el siguiente cuadro se presenta el abonado de fondo previo a la plantación:

	UF/ha	***Kg. de producto/ha***
*Estiércol (bien hecho) **		*25.000-30.000*
Fósforo (P_2O_5)	*200*	*1.000 (superfosfato, 18%)*
Potasio (K_2)	*150*	*300 (sulfato potásico, 50%)*

* En caso de no incorporar estiércol, se adicionarán 50 UF/ha de Nitrógeno, equivalente a 250 Kg./ha de Nitromagnesio al 20%.
Fuente: Jornadas de capacitación en cultivo del mimbre, Mayo 2.000.

III.3 Estaquillado y plantación

La propagación del mimbre se puede dar tanto de forma asexual como sexual. Debido al alto porcentaje de semillas no viables, el modelo que se plantea de propagación para cultivos energéticos es el más utilizado a día de hoy, el estaquillado.

El método de plantación de las estacas en terreno llano consiste en colocar dos o tres cuerdas separadas entre sí a la distancia de separación entre hileras que se desee, en función de las máquinas que se vayan a utilizar más tarde, oscilando generalmente entre 60-70 cm. Una vez colocadas las cuerdas, los operarios que van a llevar a cabo la plantación se distribuyen a lo largo de las hileras y, provistos de un recipiente o delantal en el que colocan las estacas, las van introduciendo verticalmente en el suelo enterrándolas por completo (o sobresaliendo por encima de él como máximo 2 cm), ayudados a veces por un plantador con una separación entre plantas de 15-20 cm. Por último se aprisiona la tierra alrededor de las estacas para evitar su descalce y, si no hay suficiente humedad en el terreno, se da un riego de asiento para un contacto estrecho entre planta y suelo.

Respecto al rendimiento de plantación de una hectárea realizado por lo general por dos personas, dependiendo de la clase de terreno y de la destreza de los operarios, está en torno a las 350-400 horas invertidas (operaciones de tallado, elección de las varas, preparación de las estacas y plantación), y un empleo de material aproximado en torno a los 2.500-3.000 kilogramos de mimbre verde en la obtención de estacas.

Ahora bien, la opción más acertada, para cultivos energéticos, es el uso de la maquinas plantadoras de estaquillas. En primer lugar, pueden utilizarse plantadoras hortícolas ligeramente modificadas. Esta opción tiene la ventaja de la fácil disponibilidad del apero en el mercado nacional y la posibilidad de utilizarla para otros cultivos. Entre las máquinas más o menos específicas para la plantación de los cultivos leñosos de turno corto, podemos distinguir aquellas que utilizan estaquillas ya preparadas y las que emplean varas enteras, encargándose la propia máquina de cortar las estaquillas a los tamaños adecuados.

III.4 Marco y densidad de plantación

Marco y densidad de plantación están íntimamente relacionados con el producto que se desea obtener. En el caso de biomasa el objetivo es maximizar el producto neto.

El marco puede variar de la siguiente forma:

- Distancia entre líneas: Varía desde 50 cm hasta 120 cm.
- Distancia entre plantas de una misma línea: Desde 10 cm hasta 50 cm.

→ Con marcos de plantación reducidos (10 cm x 50 cm) y altas densidades: Se consiguen mimbres más delgados y de poca longitud. La competencia por el agua, nutrientes y luz es muy grande, debilitándose las plantas, acortándose la longevidad de la plantación y haciéndose imposible la obtención del máximo rendimiento. Además, transcurridos los dos o tres primeros años estos marcos de plantación tan reducidos imposibilitan cualquier mecanización y dificultan enormemente la práctica de las distintas labores que se deben realizar para una buena conducción del cultivo. Por tanto, a menor distancia de plantación menor turno de corta para evitar los problemas nombrados.

→ Con marcos de plantación amplios (50 cm x 100 cm) y bajas densidades: Se consiguen mimbres demasiado gruesos y quebradizos, que están menos protegidos, quedando a merced de los distintos factores atmosféricos, y que en ocasiones pueden dar lugar a la aparición de ramificaciones laterales, que además de no poseer ningún valor mimbrícola perjudican la calidad del mimbre principal y disminuyen la producción, por lo que tampoco se obtiene el máximo rendimiento.

En el modelo que se presenta para la producción de biomasa, se decide optar por los valores medios para instaurar el marco de plantación:

- Distancia entre líneas: **85 cm**.
- Distancia entre plantas de una misma línea: **30 cm**.
- Numero de estacas: **39.500 estacas/ha**.

Se presenta a continuación unos datos especulativos que sirven de orientación para la potencialidad de biomasa que se podría obtener ya que no existe a día de hoy cultivos energéticos de mimbre.

III.5 Época de la plantación

La época de plantación más recomendada es la que corresponde a los meses de marzo y principios de abril, evitándose así las heladas, pudiendo variar un poco de unos años a otros en función de las condiciones climáticas del año y de la zona geográfica.

III.6 *Reposición de marras*

La técnica de reposición de marras consiste en destoconar aquellas cepas de mimbre muertas o improductivas y proceder posteriormente a su reposición.

El destoconado se realiza de forma manual, arrancando las cepas de mimbre muy dañadas y rellenando de tierra el hueco dejado. Esta operación debe realizarse inmediatamente después de la detección de las cepas afectadas, ya que pueden servir de refugio a determinados insectos y ser un foco de infección para el resto de la explotación.

Tras el destoconado, y unos días antes de la brotación natural de la mimbrera, se procederá a la reposición de marras, respetando siempre el marco de plantación establecido.

Se trata de sistemas muy poco utilizados en la práctica del cultivo de la mimbrera, al no compensar la producción de las nuevas cepas, la mano de obra y laboriosidad de las operaciones requeridas para su implantación.

IV. Tratamientos culturales

IV.1 Escardadas y binas

Una vez realizada la plantación y durante su primer año de puesta en producción, es de suma importancia realizar dos o tres binas sucesivas durante los meses de mayo a junio, y escardas en los meses de agosto y septiembre para el correcto arraigo y posterior crecimiento del mimbre.

En los años sucesivos, se da una bina en primavera, tras la corta del mimbre, incorporando a la vez los abonos a la tierra, removiendo, aireando el suelo y enterrando las hojas y restos de cosecha si éstos no se hubieran barrido antes. Estas labores han de ser muy superficiales para no dañar las raíces, y se deben realizar manualmente o con aperos que no dañen las cepas.

En los meses de abril y mayo se realiza la escarda química con el fin de eliminar las malas hierbas que puedan afectar al desarrollo del cultivo. En función de las condiciones metereológicas del año y si éstas son ricas en lluvias, se observará la evolución de las malas hierbas por si es necesario realizar otra escarda manual durante el verano.

IV.2 Fertilización y abonado

La fertilización del cultivo es de suma importancia debido a la realización de cortas anuales, donde la extracción de nutrientes del suelo por parte del mimbre es elevada, siendo necesario cubrir sus necesidades para obtener buenas producciones todos los años.

Para una correcta fertilización se debe conocer qué elementos nutrientes y en qué cantidades son extraídos por el cultivo, y a la vez los existentes en el suelo, y así de este modo poder realizar, en caso necesario, un programa de fertilización de un modo racional.

Tras la recolección y barrido de las hojas y durante todos los años, se realizará únicamente un abonado manual durante los meses de enero-marzo, siempre con anterioridad a la brotación para no dañar a la mimbrera.

Se ha visto que un equilibrio que puede ser idóneo para una producción de tipo medio y para suelos ligeros y frescos sería 50-150-50; mientras que para suelos pesados o poco frescos se debe aumentar el potasio considerablemente por la retrogradación que puede sufrir en el primer caso, o por la facultad que posee de disminuir el consumo de la planta en el segundo, siendo en este caso un equilibrio más adecuado 50-150-100 (S.E.A.).

IV.3 Riegos

La mimbrera es una planta exigente en humedad, por lo que su crecimiento está muy condicionado por la disponibilidad de agua; por ello puede decirse que el agua en cantidad y calidad es el favor más importante para el desarrollo del mimbre, sin desmerecer los otros cuidados del cultivo.

La disponibilidad de agua suficiente es de suma importancia por:

- Proteger al cultivo de agentes climáticos externos como pueden ser las heladas o temperaturas excesivas.

- Suministrar el medio para la disolución y absorción de los nutrientes incorporados a través de la fertilización.

- Crear las condiciones de humedad adecuadas en el substrato para el crecimiento y desarrollo del mimbre.

La época más desfavorable y por ello la más exigente en humedad por la mimbrera es la que va desde finales de primavera hasta finales de verano, siempre en función de las condiciones metereológicas del año.

El número de riegos a aportar dependerá de la clase de terreno, así como de la pluviometría del año. Por lo general se suelen dar de 8 a 12 riegos con un intervalo de tiempo entre ellos de 10-15 días, comenzando el primero a mediados de mayo o principios de junio, y siendo el último a principios o mediados de septiembre. Es conveniente que los riegos no sean muy copiosos y provoquen el encharcamiento del terreno, pues podría producirse la muerte de las mimbreras por asfixia radicular y pudrimiento de sus raíces.

Sistemas de riego:

- A manta: Este sistema presenta varias ventajas además de la sencillez y economía de sus instalaciones, como son la buena distribución del agua y la saturación del suelo. Aunque también tiene los inconvenientes del elevado consumo de agua y la posible compactación del suelo.

- Aspersión: Este sistema se está imponiendo y va cada día en aumento ya que, aún debiéndose realizar una considerable inversión y poderse ocasionar daños en el cultivo en sus desplazamientos, también conlleva un importante ahorro de agua y mano de obra. Se trata además de un sistema que evita la compactación superficial y se adapta tanto a la automatización como a la fertirrigación.

Otra de las posibilidades a tener en cuenta es sin riego en los cultivos de secano. Estos cultivos viene limitados por lo tanto por las temperaturas, es decir, si todos los cultivos energéticos están generalmente condicionados por el abastecimiento de agua en el caso de temperaturas altas es mucho mayor la necesidad de esta. En el caso de cultivos de secano el abastecimiento de agua por métodos naturales ha de estar asegurado.

V. Corta

El aprovechamiento del mimbre se realiza desde el punto de vista selvícola, mediante un tratamiento de la masa forestal como monte bajo regular, realizándose el aprovechamiento de los individuos mediante cortas anuales a hecho o matarrasa, gracias a la facilidad que tiene dicho mimbre de brotar todos los años de cepa.

- ***Época de recolección:*** La recolección del mimbre puede llevarse a cabo en dos épocas:

  - En invierno: Desde mediados de diciembre a mediados de marzo.

  - En primavera: Desde mediados de abril hasta principios o mediados de mayo.

  La época más idónea de recolección es aquella que coincide con el parón vegetativo del mimbre, es decir, la que ve desde finales de otoño, una vez que ha caído la hoja, hasta el principio de la primavera, y siempre antes de que se produzca de forma natural la brotación de la mimbrera.

  Si la realización de la recolección no pudiera llevarse a cabo durante esta época por motivos metereológicos o escasez de mano de obra, se podrá realizar durante el principio de la primavera una vez que se ha iniciado el movimiento de savia en el mimbre, pudiéndose llevar a cabo el descortezado o pelado del mimbre sin pasar previamente por el lugar de empoce; a esta operación se le llama **“recolección y descortezado desde la mata”**.

No es conveniente realizar la recolección en esta época porque al interrumpir la brotación provoca la disminución de la longitud de los mimbres y de la producción del año siguiente.

- ***Turno de corta:*** Tras la plantación y durante su primer año, las varas de mimbre son de longitud y grosor aún pequeño, además de presentar muchas ramificaciones, no siendo aptas para su aprovechamiento, por lo que son recolectadas y generalmente quemadas.

  Por lo general, las plantaciones comienzan a aprovecharse en su segundo año, al ser ya las varas de mimbre aptas para su manipulación industrial, aunque la mimbrera no alcanza su máximo de varas por cepa hasta el tercer año y sucesivos.

  En este punto es factible que para el cultivo de biomasa se acorte el **turno** hasta **un año** que es lo que mimbricultores hacen porque buscan una mayor rentabilidad dando por tanto prioridad al criterio de cortabilidad económica, frente a los demás criterios de cortabilidad: selvícola, físico.

- **Proceso de recolección:** Los mimbrales son masas artificiales de Monte Bajo coetáneo en las que se aprovechan sus "retoños" por recepe. Su aprovechamiento se realiza mediante cortas anuales a hecho o matarrasa, cortando las varas en la medida de lo posible a ras de suelo y, en el caso de haberse formado pequeñas cepas, de forma convexa para evitar almacenamientos de agua en la cepa que pueden provocar su pudrimiento.

- **Maquinaria:** La maquinaria tipo utilizada actualmente para la recolección es una desbrozadora de sierra circular

La recolección es realizada por lo general por tres operarios, que se reparten el trabajo de la siguiente manera:

- El "**recolector**" o "**cortador**" es el encargado de llevar la desbrozadora y guiar la cabeza de corte hacia la base del mimbre, realizando el corte al ras del suelo.

- El "**acompañante**" se encarga de ir agrupando las varas de mimbre próximas a él de modo que facilite la operación al cortador. Tras realizar el corte, este operario va soltando los manojos de mimbre sobre la parcela en forma de pequeños haces.

- El "**engavillador**" es el encargado de ir recogiendo las pequeños haces soltadas por el "acompañante" e ir formando gavillas de mimbre, limpiando en la medida de lo posible dichas gavillas de malas hierbas e ir atándolos con el propio mimbre recolectado.

Una vez realizada la recolección y atado, las gavillas de mimbre formadas son cargadas al tractor y transportadas hacia el lugar de empoce para su transformación primaria, operación que se reconoce como "**acarreo del mimbre**".

Realizada la operación de recolección por estos tres operarios, y en función de su destreza y las características propias de la plantación (marco, sistema utilizado, existencia de malas hierbas, ...) resultan **rendimientos de 4.500-6.000 Kg./ día** de mimbre verde cortado, atado y transportado al lugar de empoce.

VI. Producción de biomasa

Como ya se ha comentado anteriormente la cosecha del mimbre se realiza a principios del invierno, una vez que se han caído las hojas. En el primer año, los rendimientos pueden ser bajos (3,5 a 5,5 toneladas secas por hectárea). Sin embargo, es conveniente cosechar todas las varas con el fin de incentivar el crecimiento del año siguiente. Durante el segundo año, los cuidados culturales (desmalezado, riego y fumigado) deben continuar. Los rendimientos de cosecha, en ese año, se triplican, obteniéndose cerca de 9,5 a 12,5 ton seca por hectárea, y aún más si los cuidados silviculturales son más intensivos. En el tercer año los rendimientos alcanzados son de 18 a 25 toneladas secas por hectárea.

En los años posteriores, y hasta la octava temporada de crecimiento, los incrementos en rendimiento continúan, pero a tasas cada vez menores. A partir del octavo año los rendimientos comienzan a bajar y al cabo del año 20, se recomienda descepar y plantar nuevamente con el objetivo de compensar las pérdidas de productividad debido al envejecimiento de la cepa.

A continuación se presenta un modelo de tabla de producción de Salix viminalis a partir de los datos de Gil Oyaregui (2003)11

Especie	cod	tratameinto selvícola	Edad	Nº de pies (ud/ha)	Peso verde (th)	Peso seco (ts)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (MWh/año)	PPB competitiva anual (MJ/año)
S.Viminalis	57	corta a matarrasa	2	39500	56880	23,305	11,6525	5,18000235	60,65782752	216736,5

[11] Gil Oyaregui (2003). *PFC: Estudio del sector del mimbre en la provincia de Cuenca: situación actual y perspectivas.* Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid.

Paulownia spp.

Frondosa caducifolia de alto crecimiento procedente de China. La Paulownia ssp. se presenta a día de hoy como una firme candidata a la producción de biomasa, siendo una de las especies en la que más se está invirtiendo.

La utilización los cultivos energéticos de *Paulownia* sp. como base para el suministro de biomasa a las plantas de generación eléctrica, tiene como argumentos principales: la adaptación a la zona, como ya se dijo anteriormente, la enorme productividad, la ausencia de enfermedades, la menor necesidad de agua que otros cultivos con la misma producción, la gran ventaja del rebrote de cepa después de la corta, la escasa necesidad de cuidados especializados, la posibilidad de asociar cultivos herbáceos entre calles, etc.

I. Ecología de la Paulownia

I.1 Exigencias edáficas

Las características del suelo son un poco más limitantes. Este debe ser fértil y profundo, con una estructura suelta y una textura del tipo limos-arcilloso. El contenido en sal debe ser menos del 0,05%. El pH difiere entre las especies de Paulownia. La P. elongata y la P. tomentosa van desde los 5 – 8,9 pH, la P. fortunei de 5 – 8 pH y las demás prefieren suelos más ácidos. Una de las propiedades marcadas de esta especie es la alta capacidad que tiene para la absorción de Nitrógeno que se convirtiéndose en una herramienta eficaz para descontaminar suelos (nitratos, nitritos, arsénico, metales pesados). También tiene una función de recuperación y estabilización de suelos, control de la erosión, debido a su extenso sistema radical.

I.2 Exigencias climáticas

Apto para gran variedad de climas y suelos. Soporta bien el frío hasta los -17ºC y también el calor hasta los 40ºC, alrededor de esta temperatura la paulownia detendrá su crecimiento si existe falta de humedad. Presenta una resistencia elevada al fuego, punto ignición de 247ºC.

La Paulownia es una especie heliófila por lo que no resiste la competencia con otras especies arbóreas de fuerte crecimiento y copas amplias.

La Paulownia es capaz de adatarse a un amplio rango pluviométrico que va desde los 500 a los 2.500 mm anuales. S e muestra como una especie resistente a condiciones moderadas de sequía una vez desarrollado (1-2 años). En lo referente al exceso de agua la Paulownia es una planta que Aunque la Paulownia necesita abastecerse de agua, es cierto que no tolera los encharcamientos.

A continuación se resumen las principales características de los lugares óptimos para su implantación.

La Paulownia es una especie que habita en el oeste y centro de China. En la Península se cultiva en diversos puntos del centro de, este y mitad meridional. Madrid capital, Aranjuez, Murcia, Extremadura. Soria y Huelva son dos centros dónde a día de hoy se está experimentado bastante.

	Optima	máx	mín
Altitud(m)	-	2000	-
Temperatura (˚C)	20	40	-10
PP(mm)	800	500	2500
ph	6-7	8.5	5
Textura	fértil y profundo, con una estructura suelta y una textura del tipo limoso-arcilloso		
Profundidad del suelo (nivel freático) (m)	> 2-2,5		

II. Periodo vegetativo

El desarrollo juvenil de la Paulownia sp. es muy rápido y después de 3-4 años las jóvenes plantas inician a florecer y a los 4-5 años puede alcanzar una altura de 20 m. El diámetro del fuste se acrecienta a de forma acentuada en los primeros 10-15 años, con incrementos que también pueden ser de 4-5 cm al año. La longevidad es modesta y a los 40 años una paulownia inicia a deteriorarse.

III. Labores de cultivo

III.1 Preparación del terreno

La preparación de la tierra es muy importante para una planta como la paulownia que tiene que desarrollar un sistema radicular muy grande.

Es recomendable que la preparación del terreno se realice con suficiente antelación de la plantación sobre todo en aquellas parcelas que llevan mucho tiempo sin cultivarse para que el suelo se airee y solee y así favorecer la actividad microbiana.

- Subsolado en caso necesario, preferentemente con maquinaria. A lo largo de cada línea de árboles a plantar. En la preparación del terreno hay que realizar un subsolado de 50 a 60 cm de profundidad antes de la plantación, y una serie de labores cruzadas para que la tierra esté apta para el cultivo.

- Desfonde del suelo, los aperos serán punzones o rippers, con esto se consigue romper el subsuelo. Se pueden dar dos pases cruzados.

- Pases con gradas. Posteriormente se realizarán para deshacer los terrones que se produzcan por el subsolado y aprovecharemos para incorporar el estiércol 20-30 toneladas por hectárea y el abonado de fondo.

Si en el anterior cultivo se hubieran aplicado herbicidas residuales hay que cumplir con el plazo de seguridad para no tener problemas a posteriori. También hay que tener presente si se aplican enmiendas correctoras de PH del suelo, los estiércoles tiene que pasar un periodo de tiempo de la aplicación hasta la plantación. Debemos tener presente que en aquellos suelos en los que podemos tener problemas de encharcamiento o suelos muy pesados es recomendable la realización de caballones ó mesetas para realizar la plantación.

III.2 Abonado de fondo

El abonado de fondo consistirá en 30-20 t/ha de abono maduro que se utiliza para mejorar el terreno a largo plazo. Sirve para la siembra y el momento de la plantación.

III.3 Plantación

Una vez realizadas todas las labores de preparación de la tierra, subsolado ó desfonde, gradeo, nivelado, abonado de fondo, etc., se realizará el marcado de la plantación.

Una vez que se tenga determinada la orientación de las filas se procederá a sacar las líneas maestras, estas se sacaran en escuadra, es decir, formando un ángulo de 90º.

En el caso de tener que plantar en caballón se llevará a cabo el mismo procedimiento: se marcarán primero las líneas maestras y después las filas, pero en vez de marcar todas las plantas de la fila se marcará una planta de cada 7 para que cuando el tractorista tenga que hacer los caballones se pueda orientar y que salgan rectos. Hay que utilizar elementos de marcado que desde el tractor se puedan distinguir con facilidad. Una vez hechos los caballones se marcarán las plantas de las líneas con las cuerdas marcadas la distancia entre plantas.

La plantación se inicia con la recepción de la planta por parte del cliente, es muy importante que una vez recibida se compruebe el estado de humedad en el que se encuentra el substrato en el que van las plantas. En ocasiones ocurre que desde que sale la planta del vivero hasta que llega a la finca pueden transcurrir varios días y si el substrato se encuentra muy seco hay que regar para que tenga buena humedad.

Las plantas se tienen que plantar lo más rápido que se pueda, cuanto más tiempo estén sin planta aumentan las posibilidades de que se produzcan marras, sobre todo si se encuentran en palots.

Si la plantación se va a realizar en secano hay que saturar de agua el substrato de las macetas antes de plantar, ya que si la tierra está seca va a absorber la humedad que tiene la turba aunque después de plantar se riegue la planta con una cuba. Si la plantación tiene riego por goteo es conveniente que se riegue y tenga humedad el suelo antes de la plantación.

Es importante que los primeros 21 días después de la plantación, la planta no sufra estrés hídrico para que pueda enraizar en el suelo lo más rápidamente posible. El numero de riegos y la cantidad de agua a aplicar por riego dependerá del tipo de suelo y la temperatura, pero hay que tener en cuenta que un suelo ligero, arenoso, tiene mucha menos capacidad de retención de agua que un suelo pesado, arcilloso.

En las parcelas que pueden sufrir encharcamientos ó suelos muy pesados es recomendable realizar la plantación en caballón o meseta para evitar el exceso de humedad y la zona del cuello de la planta se seque y airee rápidamente.

III.4 Marco y densidad de plantación

Al igual que en los demás cultivos energético el marco es vital para obtener buenos resultados. Hay que tener en cuenta una serie de consideraciones:

- Orientación. Cuanto mayor es la captación de luz solar, más eficaz es la fotosíntesis y por ello mayor es la producción. La mejor orientación de las filas es Este a Oeste.

- Filas, se intentará que las filas sean lo más largas posibles para evitar al máximo los tiempos muertos de giro de la maquinaria y perder la menor cantidad de superficie para giros de la maquinaria.

- En zonas de ladera hay que plantar buscando curvas de nivel, sobre todo si se planta en caballones, con lo que conseguiremos tener menor erosión del suelo.

Para comenzar la plantación es necesario primero marcar el lugar exacto donde se van a plantar cada una de las plantas.

El marcado de la plantación se debe considerar como una labor preparatoria del terreno, en la que con cualquier elemento cañas, palos, pintura, cal, etc. se indique dónde se van a plantar exactamente cada una de las plantas. Hoy en día en el mercado existen una serie de plantadoras que llevan incorporado un sistema electrónico basado en GPS, para localizar las plantas.

La densidad que se maneja para el cultivo de Paulownia es de unos 1600 pies/ha con un marco de plantación 3x2m-2,5x4m. Sistema de cosecha (rotación) cada 2-3 años. Obteniendo un rendimiento de entre 35-45 t/ha/año.

III.5 Época de plantación

La época de plantación está en función de las condiciones del clima en donde se va a cultivar, evitando siempre la época de heladas. En el caso de la península ibérica la primavera se presenta como la mejor época para la plantación, de este modo cuando llegue el invierno la planta ya habrá alcanzado todo su

ciclo y tendremos un mayor desarrollo en el invierno. Al ser una planta de carácter heliófilo el mayor número de horas de sol en sus primeros meses de crecimiento y el que el suelo se tenga un mayor porcentaje de humedad que favorece el enraizamiento de la planta al suelo.

IV. Tratamientos culturales

Primer año de cultivo

IV.1 Escardas y tratamientos herbicidas

Establecida la plantación se evitará en la medida de lo posible la competencia de malas hierbas. El terreno puede ser sometido a gradeo siempre que el tractorista no se acerque demasiado a las plantas. Lo que crezca junto a ellas se eliminará manualmente.

No existen ensayos de herbicidas respecto a los que la paulownia sea resistente por lo que es recomendable antes de utilizar un herbicida hacer una pequeña prueba. Nunca utilizaremos RONDUNP (glifosfato), ya que este herbicida es sistémico y percola en el suelo y a través de las raíces de la planta puede penetrar. Se pueden utilizar herbicidas como el RONSTAR 2G que se aplica granulado sobre la superficie y sólo actúa sobre las plantas que están emergiendo del suelo, pero tiene que haber tempero, también se puede utilizar el líquido y ser aplicado con mochila pero sin mojar la planta. Utilizaremos herbicidas de solubilidad baja y que no sean absorbidos por las raíces.

IV.2 Deshierbe y limpieza de la parcela

Es importante durante los 2 primeros años el mantenimiento de la plantación exenta de malas hierbas para evitar la competencia de éstas con las plantas de paulownia. Es aconsejable el pase de rejas o gradas entre filas de plantas para la eliminación de las malas hierbas que puedan salir. Habrá que realizar al menos tres pases y siempre sin aproximarse en exceso a las plantas de paulownia pues en caso contrario produciremos roturas de raíces. Es recomendable un margen de seguridad de 30-35 cm de la planta.

La hierba que quede alrededor de la planta la eliminaremos manualmente o utilizaremos un herbicida de contacto siempre con pantalla protectora para no mojar el tronco ni las hojas de la planta de paulownia. No utilizaremos herbicidas que se percolen en el suelo ya que las raíces de las paulonias son muy sensibles a los herbicidas.

No existen ensayos de herbicidas respecto a los que la paulownia sea resistente por lo que es recomendable antes de utilizar un herbicida hacer una pequeña prueba

IV.3 Abonado

Una vez este la planta enraizada al suelo aplicaremos el abono. La Paulownia responde muy bien al abonado nitrogenado produciendo espectaculares crecimientos el primer año de cultivo. Le aplicaremos 0,250 Unidades fertilizantes de nitrógeno por planta repartido a lo largo del período vegetativo de la planta. Lo aplicaremos alrededor de la zona de goteo de la planta.

La paulownia es capaz de absorber enormes cantidades de de nitrógeno sin sufrir problemas de toxicidad, según estudios realizados puede admitir hasta 1000 Unidades fertilizantes de nitrógeno por hectárea. Es recomendable que en suelos ácidos utilicemos un abono de reacción básica y en suelos básicos utilicemos un abono de reacción ácida para así ayudar a la asimilación de otros nutrientes del suelo.

IV.4 Poda

Una vez que la planta inicia el crecimiento nos podemos encontrar que se ramifica o que tiene varias guías. Lo recomendable es que la planta crezca en altura y tenga un tronco lo mas grueso posible, para poder alcanzar 4 metros el primer año con lo que iremos desbrotando todos los rebrotes laterales que nos salgan siempre dejando un tercio de la altura de la planta sin quitarlos. Daremos un pase cada 3-4 semanas y cuando quitemos los rebrotes lo haremos con cuidado para no tocar las hojas, porque si éstas sufren una pequeña herida en el pecíolo se caen al poco tiempo.

IV.5 Tratamientos

En España a la Paulownia no se le han apreciado enfermedades o plagas importantes que la ataquen, si acaso algún insecto puntual fitófago procedente de los cultivos colindantes o de las malas hierbas, normalmente son orugas tipo heliotis, agrotis. Son fácilmente combatibles con cualquier insecticida.

Es sensible a antracnosis atacando tallos, hojas y brotes sobre todo en árboles jóvenes en condiciones de temperatura cálida y alta humedad. También es atacada por rhizoctonia y fusarium. La podredumbre de raíz (phyttophthora) y la Armillaria (podredumbre blanca de raíces) son las dos enfermedades más graves que presenta la paulownia. Para estas dos enfermedades se pueden realizar tratamientos preventivos con formulados de fosfetil-al, metalaxil.

IV.6 Riego

Trataremos de realizar un riego como mínimo semanal en el período de crecimiento a no ser que se produzcan lluvias. El riego más recomendable es el riego por goteo ya que realizaremos un mejor aprovechamiento del agua y además podemos utilizar para realizar la fertilización con el riego.

Existen diversos sistemas de riego: a manta, por caballones o canales, aspersión, localizado o por goteo. Dependiendo del sistema de riego elegido podemos plantar de una forma u otra. Por ejemplo,

para riego a manta tenemos que plantar sobre caballón y dos surcos a cada lado. No deberíamos regar en llano, hemos de huir siempre de encharcar los árboles. Pero si el sistema de riego va a es por goteo podemos plantar en llano o sobre caballón. No es aconsejable plantar la Paulownia como agricultores lo hacen dentro de un surco o en hoyo pues la planta con lluvias persistentes o exceso de riego puede morir por asfixia radicular. Como no siempre se plantan las Paulownias en el terreno más adecuado, el plantarla sobre caballón es siempre mejor que en llano, pues el primer año las raíces del nuevo árbol quedarán más aireadas y fuera del peligro de morir de asfixia radicular por cualquier eventualidad.

Todos ellos tienen ventajas e inconvenientes, pero en las zonas teóricas donde se van a realizar las plantaciones, uno de los limitantes que existen es el agua para el riego. Nos vamos por ello a centrar en el riego que mayor eficiencia tiene y en el que posiblemente se ahorre más agua: el riego localizado.

Ventajas del riego localizado:

- Ahorro importante de agua, y en aquellas zonas que tienen un canon máximo de consumo de agua, nos puede permitir el aumento de la superficie de cultivo.

- Posibilidad de regar cualquier tipo de terrenos, por accidentados que sean

- Podemos utilizar aguas de peor calidad

- Aumento de la producción, al tener la planta satisfechas las necesidades en agua

- Permite que al mismo tiempo que se realiza el riego abonar, fertirrigación.

- Permite realizar, simultáneamente al riego, otras labores culturales

- Al no mojarse todo el suelo menor cantidad de malas hierbas.

- Inconvenientes:

- Es un sistema caro de instalar

- Se precisa de tener un suministro continuo de agua, si no hay que realizar un embalse de almacenamiento.

- Se precisa una mayor cualificación del usuario

- Precisa de un mantenimiento.

Segundo año de cultivo

Cuando se observe a finales del invierno que la planta empieza a hinchar las yemas, si no ha alcanzado la altura de 4 metros procederemos a cortarla a uno o dos centímetros del suelo para que en este segundo año la planta alcance la altura de 4-5 metros, ya que al cortarla provocamos que tenga un crecimiento extraordinario, obteniendo un árbol recto y sin nudos.

Al cortar la planta suele aparecer más de un brote. Cuando éstos tengan 15- 20 cm. de altura seleccionaremos un brote, aquél que creamos que tiene mayor vigor y que se encuentra mejor situado.

Durante este segundo año seguiremos desbrotando la planta como se había realizado en el año anterior. Las labores de cultivo serán iguales que las del año anterior. Con respecto al abonado aumentaremos la cantidad de abono a 0,5 unidades fertilizantes de nitrógeno por planta. Es recomendable el riego durante este segundo año para que la planta tenga un gran crecimiento.

El resto de labores y tratamientos serán los mismos que en el primer año.

Durante los dos primeros años de cultivo se pueden realizar cultivos asociados con la paulownia, no va producir un exceso de sombra al cultivo asociado. Lo recomendable es la plantación de leguminosas pues no compiten con la paulownia por el nitrógeno y son además fijadoras del mismo y podemos después enterrarlas con una labor. (Vicedex, 2007).

IV.7 Turno y época de recolección

En lo referente a la corta es obligado indicar que a día de hoy todavía se está estudiando qué turnos de corta son más eficaces para la obtención de biomasa, lo cual también vendrá decido por la subespecie escogida. A día de hoy se estudian rotaciones de entre 2 y 3 años y de entre 4 y 5. En este texto se considera, en el apartado siguiente, la primera opción.

V. Producción de Biomasa

Para la obtención de biomasa se ha utilzado los datos procedentes de: Vicedex (2007)12.

[12] Recuperado el 27 de Mayo de 2009, de http://www.vicedex.com/pdf/guiacultivovicedex_rv061.pdf

Los datos de los que se parten son de una plantación con las siguientes características. Posteriormente se elaboran los datos presentando dos subespecies de Paulownia, con poderes caloríficos diferentes.

PROPIEDADES DEL ÁRBOL

ALTURA A LOS 4-5 AÑOS	20m
TIPO DE SUELO	Buen drenaje y no muy arcilloso, con nivel freático a más de 2 - 2,5 metros.
pH SUELO	5,5 a 8
PLUVIOMETRIA MEDIO	500 mm (mínimo)
DENSIDAD (10% HUMEDAD)	290 kg/m3
HUMEDAD APEO ÁRBOL	40-55%
HUMEDAD 40 DÍAS (SECADO NATURAL)	12%
DENSIDAD DE PLANTACIÓN	1.600 árboles/Ha.
MARCO DE PLANTACIÓN	3mx2m - 2,5mx4m.
SISTEMA DE COSECHA (ROTACIÓN)	CADA 2-3 AÑOS
RENDIMIENTOS OBSERVADOS	35-45 ton/Ha/año (30% humedad)

Especie	COD	Tratamiento selvícola	Nº de pies (ud/ha)	Peso seco (ts)	PPB competitiva anual (ts/año)	PPB competitiva anual (TEP/año)	PPB competitiva anual (MWh/año)	PPB competitiva anual (MJ/año)
Paulownia tomentosa e hibridos	-	Rotación cada 2-3 años	1600	12	12	5,29	61,96	221400
Paulownia elongata x fortunei	-	Rotación cada 2-3 años	1600	12	12	5,65	66,16	236400

ANEXO III. Parámetros básicos de cálculo

1. BIOMASA PROCEDENTE DE MASAS FORESTALES EXISTENTES

A. PARÁMETROS ESTIMACIÓN DE BIOMASA

- **Tipo de biomasa**. El usuario puede elegir el tipo de biomasa a calcular:

  B_T: biomasa potencial total es aquella resultante de considerar el aprovechamiento de toda la superficie forestal arbolada nacional en la que se encuentran presentes aquellas especies de interés forestal.

  B_A: biomasa potencial accesible es aquella resultante de aminorar la total considerando restricciones de índole ecológica, económica o de mecanización (figuras de protección, altitudes, pendientes, etc.…); así como aplicar un coeficiente reductor (coeficiente de recogida) debido a la eficiencia en la recogida, ya que se deben dejar restos en el terreno por razones ecológicas además de la posibilidad de no ser recogido el 100% del material (mayor dificultad por pendiente, etc.),

  B_D: biomasa potencial disponible es aquella resultante de aminorar la accesible teniendo en cuenta otros usos como madera. Esta aminoración vendrá dada mediante un coeficiente de aprovechamiento de madera denominado Coeficiente de Cortas Actuales (CCA%).

- **Especie y fracción de biomasa**. Se presenta un listado de especies permitiendo al usuario seleccionar aquellas de las cuales quiere realizar el cálculo de biomasa, así como la fracción de biomasa a considerar (restos y pies inferiores a 7cm de diámetro normal – diámetro medido a una altura de 1,30 m), restos y pies inferiores a 20 cm de diámetro normal o árbol completo).

A continuación se presenta la tabla de cálculo que se aplica en la selección para el cálculo de biomasa, es decir, tabla de posibilidad anual en función de especie y tipo de biomasa:

Especie	Código de especie	Propiedad Publica/ privada	Tratamiento	Diámetro medio (cm)	Posibilidad <7cm (t/ha·año)	Posibilidad competitiva (<20) t/ha·año	Posibilidad árbol completo (t/ha·año)	Poder calorico superior (Hª=0%)
Pinus halepensis	24	Pr	entresaca	28	1,18	2,46	2,46	20,400
Pinus halepensis	24	Pu	clareo	7,00	0,02	0,02	0,02	20,400
Pinus halepensis	24	Pu	1clara	13,45	0,04	0,09	0,09	20,400
Pinus halepensis	24	Pu	2clara	25,15	0,09	0,09	0,20	20,400
Pinus halepensis	24	Pu	corta final1	36,80	0,27	0,27	0,55	20,400
Pinus halepensis	24	Pu	corta final2	42,55	0,19	0,19	0,38	20,400
Pinus pinea	23	Pu/Pr	clareo	7,00	0,04	0,04	0,04	20,200
Pinus pinea	23	Pu/Pr	1clara	21,40	0,26	0,44	0,44	20,200
Pinus pinea	23	Pu/Pr	2clara	30,00	0,38	0,38	0,66	20,200
Pinus pinea	23	Pu/Pr	corta final1	42,00	0,42	0,42	0,75	20,200
Pinus pinea	23	Pu/Pr	corta final2	49,50	0,61	0,61	1,11	20,200

Especie	Código de especie	Propiedad Publica/ privada	Tratamiento	Diámetro medio (cm)	Posibilidad <7cm (t/ha·año)	Posibilidad competitiva (<20) t/ha·año	Posibilidad árbol completo (t/ha·año)	Poder calorico superior (Hª=0%)
Pinus nigra	25	Pr	entresaca	25	0,88	0,88	2,58	20,600
Pinus nigra	25	Pu	clareo	7,00	0,02	0,02	0,02	20,600
Pinus nigra	25	Pu	1clara	22,00	0,12	0,36	0,36	20,600
Pinus nigra	25	Pu	2clara	29,00	0,13	0,13	0,39	20,600
Pinus nigra	25	Pu	corta final1	37,00	0,29	0,29	0,85	20,600
Pinus nigra	25	Pu	corta final2	40,00	0,18	0,18	0,52	20,600
Pinus sylvestris	21	Pu/Pr	clareo	7	0,04	0,04	0,04	21,100
Pinus sylvestris	21	Pu/Pr	1clara	24	0,15	0,49	0,49	21,100
Pinus sylvestris	21	Pu/Pr	2clara	33	0,13	0,13	0,56	21,100
Pinus sylvestris	21	Pu/Pr	corta final1	43	0,20	0,20	1,22	21,100
Pinus sylvestris	21	Pu/Pr	corta final2	47	0,11	0,11	0,76	21,100
Pinus pinaster N	26	Pu/Pr	1clara	18	0,24	1,14	1,14	20,933
Pinus pinaster N	26	Pu/Pr	2clara	27	0,19	0,19	1,04	20,933
Pinus pinaster N	26	Pu/Pr	corta final1	30	0,43	0,43	2,45	20,933
Pinus pinaster S	26	Pu/Pr	clareo	7	0,02	0,02	0,02	20,933
Pinus pinaster S	26	Pu/Pr	1clara	22,4	0,10	0,50	0,50	20,933
Pinus pinaster S	26	Pu/Pr	2clara	30,9	0,08	0,08	0,45	20,933
Pinus pinaster S	26	Pu/Pr	corta final1	38,7	0,15	0,15	0,93	20,933
Pinus pinaster S	26	Pu/Pr	corta final2	43,4	0,10	0,10	0,62	20,933
Pinus radiata	28	Pu/Pr	clareo	7	0,49	0,49	0,49	20,500
Pinus radiata	28	Pu/Pr	1clara	19,6	0,20	0,37	0,37	20,500
Pinus radiata	28	Pu/Pr	2clara	32	0,47	0,47	0,88	20,500
Pinus radiata	28	Pu/Pr	corta final1	47,6	1,01	1,01	1,87	20,500
Pinus canariensis	27	Pr	clareo	7	0,01	0,05	0,05	21,1
Pinus canariensis	27	Pr	1clara	15	0,02	0,10	0,10	21,1
Pinus canariensis	27	Pr	2clara	22	0,07	0,07	0,34	21,1
Pinus canariensis	27	Pr	corta final1	40	0,23	0,23	0,94	21,1
Pinus canariensis	27	Pr	corta final2	44	0,25	0,25	0,97	21,1
Pinus canariensis	27	Pu	clareo	7	0,00	0,02	0,02	21,1
Pinus canariensis	27	Pu	clareo2	12	0,03	0,14	0,14	21,1
Pinus canariensis	27	Pu	1clara	15	0,01	0,04	0,04	21,1
Pinus canariensis	27	Pu	2clara	20	0,03	0,13	0,13	21,1
Pinus canariensis	27	Pu	3clara	25	0,04	0,04	0,18	21,1
Pinus canariensis	27	Pu	4clara	32	0,13	0,13	0,57	21,1
Pinus canariensis	27	Pu	corta final1	38	0,20	0,20	0,82	21,1
Pinus canariensis	27	Pu	corta final2	42	0,22	0,22	0,86	21,1
Pinus uncinata	22	Pu/Pr	clareo	7	0,03	0,06	0,06	21,1
Pinus uncinata	22	Pu/Pr	1clara	24	0,22	0,69	0,69	21,1
Pinus uncinata	22	Pu/Pr	2clara	33	0,16	0,16	0,76	21,1
Pinus uncinata	22	Pu/Pr	corta final1	43	0,17	0,17	1,62	21,1
Pinus uncinata	22	Pu/Pr	corta final2	47	0,09	0,09	1,00	21,1
Eucalyptus glob N	61	Pu/Pr	corta final1	18	1,31	1,31	4,73	18,533
Eucalyptus glob N	61	Pu/Pr	corta final2	19	1,43	1,43	5,32	18,533
Eucalyptus glob N	61	Pu/Pr	corta final3	19	1,43	1,43	5,32	18,533
Eucalyptus cam S	62	Pu/Pr	corta final1	16	0,50	0,50	1,71	18,900
Eucalyptus cam S	62	Pu/Pr	corta final2	16,5	0,53	0,53	1,83	18,900
Eucalyptus cam S	62	Pu/Pr	corta final3	16,5	0,53	0,53	1,83	18,900
Castanea sativa	72	Pu/Pr	1clara	12,5	0,09	0,58	0,58	19,800
Castanea sativa	72	Pu/Pr	2clara	21	0,08	0,74	0,74	19,800
Castanea sativa	72	Pu/Pr	corta final1	33	0,11	0,11	2,30	19,800
Fagus sylvatica	71	Pu/Pr	clareo	6,8	0,00	0,07	0,07	19,2
Fagus sylvatica	71	Pu/Pr	1clara	19,4	0,10	0,47	0,47	19,2

Especie	Código de especie	Propiedad Publica/ privada	Tratamiento	Diámetro medio (cm)	Posibilidad <7cm (t/ha·año)	Posibilidad competitiva (<20) t/ha·año	Posibilidad árbol completo (t/ha·año)	Poder calorico superior (Hª=0%)
Fagus sylvatica	71	Pu/Pr	2clara	27	0,15	0,15	0,62	19,2
Fagus sylvatica	71	Pu/Pr	corta final1	35,3	0,40	0,40	1,40	19,2
Fagus sylvatica	71	Pu/Pr	corta final2	39,5	0,36	0,36	1,22	19,2
Quercus robur	41	Pu/Pr	1clara	15	0,08	0,27	0,27	19,3
Quercus robur	41	Pu/Pr	2clara	26,9	0,18	0,18	0,59	19,3
Quercus robur	41	Pu/Pr	3clara	35,5	0,25	0,25	0,82	19,3
Quercus robur	41	Pu/Pr	corta final1	40	0,30	0,30	0,99	19,3
Quercus robur	41	Pu/Pr	corta final2	43	0,29	0,29	0,96	19,3
Quercus petraea	42	Pu/Pr	1clara	15	0,08	0,27	0,27	19,3
Quercus petraea	42	Pu/Pr	2clara	26,9	0,18	0,18	0,59	19,3
Quercus petraea	42	Pu/Pr	3clara	35,5	0,25	0,25	0,82	19,3
Quercus petraea	42	Pu/Pr	corta final1	40	0,30	0,30	0,99	19,3
Quercus petraea	42	Pu/Pr	corta final2	43	0,29	0,29	0,96	19,3
Quercus pyrenaica	43	Pu	resalveo	9,7	2,17	2,17	2,17	19,1
Quercus pyrenaica	43	Pr	matarrasa	12,5	2,73	2,73	2,73	19,1
Quercus faginea	44	Pu	resalveo	9,7	1,19	1,19	1,19	19,1
Quercus faginea	44	Pr	matarrasa	12,5	2,73	2,73	2,73	19,1
Quercus ilex	45	Pu	resalveo	9,7	1,94	1,94	1,94	18,44
Quercus ilex	45	Pr	matarrasa	12,5	2,73	2,73	2,73	18,44
Quercus pubescens	243	Pu	resalveo	9,7	2,17	2,17	2,17	19,1
Quercus pubescens	243	Pr	matarrasa	12,5	2,73	2,73	2,73	19,1
Quercus canariensis	47	Pu	resalveo	9,7	2,16	2,16	2,16	19,1
Quercus canariensis	47	Pr	matarrasa	12,5	2,73	2,73	2,73	19,1
Quercus suber	46	Pu	clareo	8	0,00	0,01	0,01	20
Quercus suber	46	Pu	1clara	20	0,03	0,06	0,06	20
Quercus suber	46	Pu	2clara	31	0,07	0,07	0,13	20
Quercus suber	46	Pu	corta final1	50	0,61	0,61	0,95	20

- **Coeficiente de cortas actuales**. Para cada especie y fracción de tipo de biomasa el usuario podrá selecciónar el porcentaje de competencia con otros usos (madereros). Como valor predeterminado se presenta el 41% (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La selección de aprovechamiento del árbol completo implica un coeficiente de cortas actuales del 0%.

- **Contenido de humedad**. El usuario puede seleccionar el grado de humedad del material que desea para la presentación de resultados. Como valor predeterminado se ha considerado el 45% de contenido de humedad.

- **Coeficiente de recogida**. La eficacia en la recogida, así como la consideración de la necesidad por razones ecológicas del abandono en monte de parte de los restos, puede ser decidida por el usuario en formato de porcentaje. Como valor predeterminado por la Herramienta se presenta un 65%.

- **Multiplicador de calidad de estación o Productividad Potencial Forestal**. Aunque el usuario no podrá variar dicho multiplicador, la posibilidad anual de biomasa se verá afectada por la calidad

de estación del terreno. De esto modo lo que se considera una posibilidad media para toda España se ve afectada por los condicionantes edafoclimáticos de cada zona de estudio.

A continuación se presenta la tabla de multiplicadores en función de la clasificación de Productividad Potencial Forestal.

CLASE	**Productividad m^3/ha·año**			
	min	**max**	**Valor de la clase**	**Coeficiente de mayoración / minoración**
Ia	9	(9,75)	9,375	**2,05**
Ib	8,25	9	8,625	**1,88**
Ic	7,5	8,25	7,875	**1,72**
IIa	6,75	7,5	7,125	**1,56**
IIb	6	6,75	6,375	**1,39**
IIIa	5,25	6	5,625	**1,23**
IIIb	4,5	5,25	4,875	**1,06**
Iva	3,75	4,5	4,125	**0,90**
Ivb	3	3,75	3,375	**0,74**
Va	2,25	3	2,625	**0,57**
Vb	1,5	2,25	1,875	**0,41**
VIa	1	1,5	1,250	**0,27**
VIb	0,5	1	0,750	**0,16**
VII	(0)	0,5	0,250	**0,05**

B. PARÁMETROS ESTIMACIÓN DE COSTES

- **Selección del sistema logístico**. A continuación se enumeran todos los sistemas logísticos que se presentan como opción de selección al usuario.

•

Sistemas logísticos de aprovechamiento de restos madereros y pies de diámetro inferior a 20 cm.			
ID	**Descripción general**	**ID**	**Descripción general**
1.1.1.1	Apeo manual. Reunión manual. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante astillado.	3.1.1.2	Apeo manual. Reunión manual. Saca con autocargador del material en bruto. Empacado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante triturado.
1.1.1.2	Apeo manual. Reunión manual. Saca con autocargador del material en bruto. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante astillado.	3.1.2.1	Apeo manual. Reunión mecanizada. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Empacado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante triturado.
1.1.2.1	Apeo manual. Reunión mecanizada. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Transporte hasta central o parque de almacenamiento . Adecuación del material en central mediante astillado.	3.1.2.2	Apeo manual. Reunión mecanizada. Saca con autocargador del material en bruto. Empacado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante triturado.
1.1.2.2	Apeo manual. Reunión mecanizada. Saca con autocargador del material en bruto. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante astillado.	3.2.1.1	Apeo semi o mecanizado. Reunión manual. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Empacado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante triturado.
1.2.1.1	Apeo semi o mecanizado. Reunión manual. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Transporte hasta central o parque de almacenamiento . Adecuación del material en central mediante astillado.	3.2.1.2	Apeo semi o mecanizado. Reunión manual. Saca con autocargador del material en bruto. Empacado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante triturado.
1.2.1.2	Apeo semi o mecanizado. Reunión manual. Saca con autocargador del material en bruto. Transporte hasta central o parque de almacenamiento del material en bruto. Adecuación del material en central mediante astillado.	3.2.2.1	Apeo semi o mecanizado. Reunión mecanizada. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Empacado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante triturado.
1.2.2.1	Apeo semi o mecanizado. Reunión mecanizada. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante astillado.	3.2.2.2	Apeo semi o mecanizado. Reunión mecanizada. Saca con autocargador del material en bruto. Empacado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante triturado.
1.2.2.2	Apeo semi o mecanizado. Reunión mecanizada. Saca con autocargador del material en bruto. Transporte hasta central o parque de almacenamiento . Adecuación del material en central mediante astillado.	4.1.1.1	Apeo manual. Reunión manual. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Triturado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante refinado.
2.1.1.1	Apeo manual. Reunión manual. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Astillado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento.	4.1.1.2	Apeo manual. Reunión manual. Saca con autocargador del material en bruto. Triturado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante refinado.
2.1.1.2	Apeo manual. Reunión manual. Saca con autocargador del material en bruto. Astillado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento.	4.1.2.1	Apeo manual. Reunión mecanizada. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Triturado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante refinado.
2.1.2.1	Apeo manual. Reunión mecanizada. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Astillado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento.	4.1.2.2	Apeo manual. Reunión mecanizada. Saca con autocargador del material en bruto. Triturado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante refinado.
2.1.2.2	Apeo manual. Reunión mecanizada. Saca con autocargador del material en bruto. Astillado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento.	4.2.1.1	Apeo semi o mecanizado. Reunión manual. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Triturado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante refinado.
2.2.1.1	Apeo semi o mecanizado. Reunión manual. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Astillado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento.	4.2.1.2	Apeo semi o mecanizado. Reunión manual. Saca con autocargador del material en bruto. Triturado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante refinado.
2.2.1.2	Apeo semi o mecanizado. Reunión manual. Saca con autocargador del material en bruto. Astillado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento.	4.2.2.1	Apeo semi o mecanizado. Reunión mecanizada. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Triturado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante refinado.
2.2.2.1	Apeo semi o mecanizado. Reunión mecanizada. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Astillado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento.	4.2.2.2	Apeo semi o mecanizado. Reunión mecanizada. Saca con autocargador del material en bruto. Triturado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante refinado.
2.2.2.2	Apeo semi o mecanizado. Reunión mecanizada. Saca con autocargador del material en bruto. Astillado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento.	5.1	Reunión manual. Astillado móvil. Saca con tractor agrícola. Transporte hasta central o parque de almacenamiento.
3.1.1.1	Apeo manual. Reunión manual. Saca con tractor agrícola del material en bruto. Empacado en cargadero. Transporte hasta central o parque de almacenamiento. Adecuación del material en central mediante triturado.	5.2	Reunión mecanizada. Astillado móvil. Saca con tractor agrícola. Transporte hasta central o parque de almacenamiento.

Sistemas logísticos de aprovechamiento de árbol	
ID	**Descripción general**
6.1.1	Apeo árbol completo. Trasnporte en bruto. Saca con tractor
6.1.2	Apeo árbol completo. Transporte en bruto.Saca con autocargador
6.2.1	Apeo árbol completo. Astillado en cargadero. Saca con tractor
6.2.2	Apeo árbol completo. Astillado en cargadero. Saca con autocargador
6.3.1	Apeo árbol completo. Tritutrado en cargadero. Saca con tractor
6.3.2	Apeo árbol completo. Triturado en cargadero. Saca con autocargador

- **Coste de combustible**. El usuario puede actualizar al momento actual el coste de combustible (gasolina y gasóleo). Los costes tomados como predeterminados son 0,9 €/l de gasolina y 0,86 €/l de gasóleo.

- **Coste horario de maquinaria y mano de obra**. A la mano de obra se le ha asignado un coste fijo variable por el usuario. En la siguiente tabla se presentan los costes predeterminados de la Herramienta:

Categoría laboral del operario	€/h
Peón especializado motosierra	16,17
Peón auxiliar	13,86
Jefe de cuadrilla	15,87
Maquinista	19,55

Al coste de peón auxiliar o especializado se le ha aplicado un 14,29% del coste de jefe de cuadrilla, valor extraído de Tarifas Tragsa.

En cuanto a los costes de la maquinaria empleados se han calculado por el sistema clásico de costes fijos debidos a la amortización, intereses y otros costes de la máquina, los costes variables, consecuencia del gasto en combustible, aceites, reparaciones, consumibles y otros, además del coste de la mano de obra necesaria y lo que se llaman costes de operación, consecuencia de llevar la maquinaria al monte.

Dada que el coste de combustible está continuamente variando y que el coste del maquinista depende de muchas circunstancias, fundamentalmente geográficas son dos variables (X e Y, respectivamente) que se pide al usuario que lo incorpore él al sistema.

El esquema seguido de coste horario de maquinaria es el siguiente, estando las fichas de cada tipo en el anexo correspondiente.

MÁQUINA:	**XXXX**

Parámetros:		**Costes:**	
Precio de adquisición	A	CONCEPTO	FÓRMULA
Precio de reventa	R·A	Costes horarios fijos	
subvención S%	S*A		
Tipo de interés	ti%	Amortización	(A-(R·A+S·A))/V

Vida útil (horas)	V	Amortización neumáticos	B/B1
Precio neumáticos	B	Intereses	(A-(RA+SA)·ti·((V/C)+1)/(2·V)
Vida útil neumáticos	B1	Seguros e impuestos	A·0,05/C
Número de horas de trabajo al año	C		
Seguros e Impuestos anuales	0,05A		
		Costes horarios variables	
		Combustible	E·X
		Lubricantes	F·F1
Consumo de gasoil (l/h)	E	Consumibles	G/C
Consumo lubricantes (aceite, grasas, etc)	F	Mano de obra	Y/C
Precio lubricante	F1	Reparaciones	R
Consumibles al año	G		
Reparaciones anuales	R·A		
Coste de transporte máquina	I	Costes fijos de explotación	
Tamaño explotación (horas)	J	Transporte	I/J
Variable a introducir por usuario:		TOTAL	Suma de la columna superior
Precio gasoil	X		
Salario anual maquinista	Y		

- ***Precio de adquisición*** de la máquina (€).

- *Precio de reventa* (%). Se ha tomado como precio de reventa el 20% del precio de adquisición (dado el número de horas útiles que se han establecido) de toda la maquinaria salvo en motosierras donde se ha considerado un 10%.

- ***Subvención (%)***. Se ha supuesto una subvención del 25% en la maquinaria. Ahora bien en la aplicación informática se proporciona al usuario la opción de variar dicho valor.

- *Coste de seguros e impuestos (€)*. Se ha supuesto que anualmente es el 5% del coste de compra.

- *Gasto en combustible (l/h)*. Como norma general se puede considerar un consumo de 0,12 l por la potencia de la máquina en CV.

- *Gasto en consumibles (€/h)*. Se considera como consumibles lubricantes, neumáticos, cuchillas, contracuchillas, martillos, etc. que puedan sufrir deterioro durante la vida útil de la máquina y que deban ser sustituidos. Para el caso de lubricantes se puede considerar que es proporcional al gasto de combustible. Se ha supuesto el 4,5% del gasto en combustible.

- ***Coste de combustible (€/l)***. Se ha distinguido entre gasolina y gasóleo dando opción al usuario a variar cada uno de ellos.

- ***Reparaciones y mantenimiento (%)***. Las reparaciones son variables, aumentando con la edad de la máquina. Se ha partido de la hipótesis de que el gasto total en reparaciones a lo largo de la vida de la máquina es del 25% del coste de adquisición.

- ***Costes fijos de transporte*** *(€/h) al lugar del aprovechamiento*. A estos costes de la máquina propiamente dicha debe añadirse los costes de transportar la máquina a la explotación forestal, que depende del propio tamaño de la explotación, pero se ha supuesto un valor medio.

- ***Tipo de interés (%)***. Se ha considerado a efectos de cálculo un tipo de interés del 4%, aunque dicho valor podrá ser variado por el usuario.

- *Vida útil de la maquinaria (horas).*

- *Horas anuales de trabajo (horas).*

- ***Mano de Obra (€/h)***. Se han dado unos valores predeterminados de mano de obra en función de la categoría laboral del operario. Este valor podrá ser modificado por el usuario en la herramienta informática.

El coste horario resultante para un coste del combustible de 0,9 €/l, del aceite de 1,75 €/l y coste del personal de 16,17 €/h de motoserrista y peón especializado, 13,86 de peón auxiliar, 15,87 de jefe de cuadrilla y 19,55 de maquinista, todo ello incrementado en 14,29% por la repercusión del jefe de cuadrilla, resulta de:

COSTES DE LAS MÁQUINAS UTILIZADAS EN EL APROVECHAMIENTO DE RESTOS FORESTALES: PARÁMETROS

Máquina	PARÁMETROS FIJOS										PARÁMETROS VARIABLES						
	Vida útil (horas)	Horas Anuales de Trabajo (horas)	Consumo de combustible (l/h)	Coste neumáticos (€)	Vida neumáticos (h)	Consumo aceites y grasas (l/h)	Otros consumibles (cuchillas) (€/h)	Total consumibles (€/h)	Reventa (%)	Coste fijo explotación (€/h)	Mantenim y Reparaciones (%)	Subvenciones (%)	Tipos de Intereés (%)	Seguros (%)	Coste combustible (€/l)	Adquisición (€)	Mano de obra (€/h)
Motosierra	2.000	1.000	1,00	0	1	0,40	0,00	0,70	10	0	25	25	4	5	0,90	1.000	18,44
Cosechadora	12.000	1.800	27,60	6.000	2.000	1,24	0,00	5,17	20	2,22	25	25	4	5	0,86	300.506	21,82
Multitaladora	12.000	1.800	20,70	6.000	2.000	0,93	0,00	4,63	20	5	25	25	4	5	0,86	290.000	21,82
Tractor recogedor	12.000	1.200	5,00	3.000	2.000	0,23	0,00	1,89	20	5	25	25	4	5	0,86	62.500	21,82
Tractor agrícola	12.000	1.200	5,00	3.000	2.000	0,23	0,00	1,89	20	5	25	25	4	5	0,86	68.000	21,82
Autocargador	12.000	1.800	30,00	6.000	2.000	1,35	0,00	5,36	20	5	25	25	4	5	0,86	180.000	21,82
Astilladora cargadero	12.000	1.800	54,00	9.000	2.000	2,43	1,69	10,44	20	13,33	25	25	4	5	0,86	450.759	21,82
Trituradora cargadero	12.000	1.800	40,00	9.000	2.000	1,80	1,69	9,34	20	2,5	25	25	4	5	0,86	240.000	21,82
Empacadora	12.000	1.800	30,00	6.000	1.500	1,35	0,00	6,36	20	12,5	25	25	4	5	0,86	420.708	21,82
Astilladora parque	10.000	1.000	36,00	2.000	4.000	1,62	2,00	5,34	20	0	25	25	4	5	0,86	200.000	21,82
Trituradora parque	10.000	1.000	54,00	2.000	4.000	2,43	2,00	6,75	20	0	25	25	4	5	0,86	250.000	21,82
Grúa cargadora parque	10.000	1.300	16,56	3.500	2.500	0,75	0,00	2,70	20	0	25	25	4	5	0,86	150.000	21,82
Astilladora móvil	12.000	1.800	54,00	9.000	2.000	2,43	1,69	10,44	20	13,33	25	25	4	5	0,86	450.759	21,82
Camión rígido	10.000	1.800	37,2	4000	2700	1,674	0	4,410981481	20	0	25	25	4	5	0,86	106.200	19,55
Trailer	10.000	1.800	49,2	5600	2700	2,214	0	5,948574074	20	0	25	25	4	5	0,86	122.720	19,55
Camión remolque	10.000	1.800	37,2	7200	2700	1,674	0	5,596166667	20	0	25	25	4	5	0,86	121.020	19,55
Piso móvil	10.000	1.800	49,2	5600	2700	2,214	0	5,948574074	20	0	25	25	4	5	0,86	127.000	19,55

COSTES DE LAS MAQUINAS UTILIZADAS EN EL APROVECHAMIENTO DE RESTOS FORESTALES: COSTES

Máquina	Amortización (€/h)	Intereses (€/h)	Seguros (€/h)	Reparaciones (€/h)	Combustible (€/h)	MO (€/h)	Otros consumibles (€/h)	Coste fijo explotación (€/h)	**Coste horario (€/h)**
Motosierra	0,33	0,02	0,05	0,13	0,90	18,44	0,70	0,00	**20,56**
Cosechadora	13,77	2,11	8,35	6,26	23,74	21,82	5,17	2,22	**83,44**
Multitaladora	13,29	2,04	8,06	6,04	17,80	21,82	4,63	5,00	**78,68**
Tractor recogedor	2,86	0,63	2,60	1,30	4,30	21,82	1,89	5,00	**40,41**
Tractor agrícola	3,12	0,69	2,83	1,42	4,30	21,82	1,89	5,00	**41,06**
Autocargador	8,25	1,27	5,00	3,75	25,80	21,82	5,36	5,00	**76,25**
Astilladora cargadero	20,66	3,17	12,52	9,39	46,44	21,82	10,44	13,33	**137,77**
Trituradora cargadero	11,00	1,69	6,67	5,00	34,40	21,82	9,34	2,50	**92,41**
Empacadora	19,28	2,96	11,69	8,76	25,80	21,82	6,36	12,50	**109,17**
Astilladora parque	11,00	2,42	10,00	5,00	30,96	21,82	5,34	0,00	**86,53**
Trituradora parque	13,75	3,03	12,50	6,25	46,44	21,82	6,75	0,00	**110,54**
Grúa cargadora parque	8,25	1,43	5,77	3,75	14,24	21,82	2,70	0,00	**57,97**
Astilladora móvil	20,66	3,17	12,52	9,39	46,44	21,82	10,44	13,33	**137,77**
Camión rígido	5,84	0,77	2,95	2,66	31,99	19,55	4,4110		**63,75**
Trailer	6,75	0,88	3,41	3,07	42,31	19,55	5,9486		**75,97**
Camión remolque	6,66	0,87	3,36	3,03	31,99	19,55	5,5962		**65,46**
Piso móvil	6,99	0,95	3,53	3,18	42,31	19,55	5,9486		**76,50**

- **Rendimiento de la maquinaria**. En cuanto al **rendimiento de la maquinaria**, como ya se dijo en el documento se rige por la siguiente tabla:

Operaciones	Maquinaria	Productividad Th/h	Fuente
Apeo	Manual (solo apeo)	60/(6,37+0,45/V)*	FAO
	Multitaladora (solo apeo)	Para 8<d<15 $0,049 \cdot d^{2,174}$ Para d>15 1,45·d – 15,2	Tolosana et al.
	Cosechadora	1,17·d-6,5	Tolosana ET AL.
Astillado saca calle	Astilladora sobre autocargador	7,14	
Empacado saca calle	Empacadora	3,68	
Saca pacas	Tractor agrícola	19,51+5C+MO/1200	$1/(0,08+0,0048 \cdot Dd^{0,426})$
	Autocargador	25,08+30C+MO/1800	$1/(0,04+0,0024 \cdot Dd^{0,426})$
Reunión manual (clareos)	Manual	1,67	FAO
Reunión mecanizada	Tractor recogedor	0,12 ha/h (también se puede expresar como Vcorta·0,12)	Tolosana
Saca a cargadero	Tractor agrícola	-0,01Dd+10,06	Tolosana et al.
	Autocargador	- 0,014·Dd + 14,37	Tolosana et al.
Transporte árbol entero	Camión rígido	6,1/(0,42+∑Ti/vi)	
	Camión remolque	14,4/(0,83+∑Ti/vi)	
	Trailer	10,3/(0,7+∑Ti/vi)	
Transporte residuo entero	Autocargador	5/(0,15+∑Ti/20)	
	Camión rígido	7,2/(0,47+∑Ti/vi)	
	Camión remolque	14,4/(0,83+∑Ti/vi)	
	Trailer	10,3/(0,7+∑Ti/vi)	
Astillado cargadero	Astilladora	16,5	Tolosana et al.
	Trituradora	31,6	
Transporte astilla	Camión rígido	15,75/(0,27+∑Ti/vi)	
	Camión remolque	22/(0,42+∑Ti/vi)	
	Trailer	22/(0,33+∑Ti/vi)	
	Piso móvil	24,5/(0,42+∑Ti/vi)	
Empacado cargadero	Empacadora	10	Tolosana et al.
Transporte pacas	Camión rígido	17/(0,32+∑Ti/vi)	
	Camión remolque	22/(0,42+∑Ti/vi)	
	Trailer	22/(0,38+∑Ti/vi)	
Astillado residuo en parque	Astilladora parque ramas	30	
	Astilladora parque árbol	35	
	Trituradora parque ramas	20	
	Trituradora parque árbol	25	
Astillado de pacas en parque central	Astilladora parque	40	
	Trituradora parque	30	
Refinado parque	Astilladora parque	40	
	Trituradora parque	35	

El rendimiento apeo manual se puede llevar a cabo también mediante fórmulas a partir del diámetro medio:

Manual (solo apeo)	Para d<15 cm	(0,000399601*d^2,04075)/(0,01296+0,0005*d)
	Para d>15	60/(12,46+2,0962/(0,0003996*d2,04075)

A continuación se describen los **Sistemas, operaciones, rendimientos y costes de cada tipo de aprovechamiento para utilización de sus restos:**

1. ***CASO DE CLAREOS***

Las opciones son (cada opción representa unsistema logístico con posibilidad de ser seleccionado por el usuario):

- Realizar el apeo manual en su totalidad

- Realizar el apeo manual en el 80% del terreno y el 20% con cosechadora estándar o con multitaladora.

- Realizar la reunión del 80% manualmente

- Realizar la saca con tractor agrícola con caja y grúa o con autocargador

- Empacar o astillar o triturar o no hacer nada en cargadero

- Si se ha astillado o triturado en cargadero realizar el transporte con camión de piso móvil o camión con remolque o en camión tráiler o en camión rígido.

- Si no se ha hecho nada (restos entero), realizar el transporte a central con camión rígido, camión tráiler o camión con remolque

- Si se ha empacado en cargadero, transportar la paca a Central con camión rígido, camión tráiler o camión con remolque.

- Si llega a Central el residuo entero o empacado, astillar o triturar en astilladora o trituradora ayudada de grúa cargadora.

Operaciones	Maquinaria	Coste horario	Productividad th/h
Apeo	Manual	1,55+X+Y/1000	60/(6,37+0,45/V)
	Cosechadora	34,19+27,76X+Y/1800	Para 8<d<15 $0,049 \cdot d^{2,174}$ Para d>15 1,45·d – 15,2
	Multitaladora	37+20,7X+Y/1800	1,17·d-6,5
Reunión a calle	Manual	Y/1000	2,5
Saca a cargadero	Tractor agrícola	19,51+5X+Y/1200	-0,01Dd+10,06
	Autocargador	25,08+30X+Y/1800	-0,014·Dd + 14,37
Transporte árbol entero	Camión rígido	17,03+37,2X+Y/1800	6,1/(0,47+∑Ti/vi)
	Camión remolque	23,3+37,2X+Y/1800	14,4/(0,83+∑Ti/vi)
	Trailer	23,2+49,2X+Y/1800	10,3/(0,7+∑Ti/vi)
Astillado cargadero	Astilladora	63,39+54X+Y/1800	16,5
	Trituradora	31,4+40X+Y/1800	31,6*
Transporte astilla	Camión rígido	17,03+37,2X+Y/1800	15,75/(0,27+∑Ti/vi)
	Camión remolque	23,3+37,2X+Y/1800	22/(0,42+∑Ti/vi)
	Trailer	23,2+49,2X+Y/1800	22/(0,33+∑Ti/vi)
	Piso móvil	24,27+49,2X+Y/1800	24,5/(0,42+∑Ti/vi)
Empacado cargadero	Empacadora	59,23+30X+Y/1800	10
Transporte pacas	Camión rígido	17,03+37,2X+Y/1800	17/(0,27+∑Ti/vi)
	Camión remolque	23,3+37,2X+Y/1800	22/(0,42+∑Ti/vi)
	Trailer	23,2+49,2X+Y/1800	22/(0,33+∑Ti/vi)
Astillado residuo en parque	Astilladora+tractor cargador	29,3+36X+ 25,19+15,56X+Y/1300	30
	Trituradora+tractor cargador	37,02+54X+ 25,19+15,56X+Y/1300	20
Astillado de pacas en parque central	Astilladora+tractor cargador	29,3+36X+ 25,19+15,56X+Y/1300	40
	Trituradora+tractor cargador	37,02+54X+ 25,19+15,56X+Y/1300	30

*

El triturado es muy básico, con tamaños a veces grandesth/h rendimiento en toneladas húmedas de material al 40% de contenido de humedad.

Siendo,

V: volumen del arbolado

d el diámetro normal medio del arbolado

Dd la distancia de desembosque

Ti la distancia de transporte ida y vuelta por la carretera i

Vi la velocidad media de la carretera i

2. *CASO DE CLARAS*

Las opciones son:

- Realizar el apeo con cosechadora estándar y sacar con tractores.
- Realizar el apeo manual y astillar a pie de tocón
- Realizar la saca con tractor agrícola con caja y grúa o con autocargador
- Empacar o astillar o triturar o no hacer nada en cargadero
- Si se ha astillado o triturado en cargadero realizar el transporte con camión de piso móvil o camión con remolque o en camión tráiler o en camión rígido.
- Si no se ha hecho nada (restos entero), realizar el transporte a central con camión rígido, camión tráiler o camión con remolque
- Si se ha empacado en cargadero, transportar la paca a Central con camión rígido, camión tráiler o camión con remolque.
- Si llega a Central el residuo entero o empacado, astillar o triturar en astilladora o trituradora ayudada de grúa cargadora.

Operaciones	Maquinaria	Coste horario	Productividad th/h
Apeo manual	Motosierra	1,55+X+Y/1000	60/(6,37+0,45/V)
Apeo mecanizado	Cosechadora	34,19+27,6X+Y/1800	Para 8<d<15 $0,049 \cdot d^{2,174}$ Para d>15 1,45·d – 15,2
	Multitaladora	34,19+20,7X+Y/1800	1,17·d-6,5
Astillado calle y saca	Astilladora sobre autocargador con silo	63,39+54X+Y/1800	4,18
Saca a cargadero	Tractor agrícola	19,51+5X+Y/1200	-0,01Dd+10,06
	Autocargador	25,08+30X+Y/1800	-0,014·Dd + 14,37
Transporte árbol entero	Camión rígido	17,03+37,2X+Y/1800	7,2/(0,47+∑Ti/vi)
	Camión remolque	24,12+37,2X+Y/1800	14,4/(0,83+∑Ti/vi)
	Trailer	24,45+49,2X+Y/1800	10,3/(0,7+∑Ti/vi)
Astillado cargadero	Astilladora	63,39+54X+Y/1800	16,5
	Trituradora	31,4+40X+Y/1800	31,6*
Transporte astilla	Camión rígido	17,03+37,2X+Y/1800	15,75/(0,27+∑Ti/vi)
	Camión remolque	23,3+37,2X+Y/1800	22/(0,42+∑Ti/vi)
	Trailer	23,2+49,2X+Y/1800	22/(0,33+∑Ti/vi)
	Piso móvil	24,27+49,2X+Y/1800	24,5/(0,42+∑Ti/vi)
Empacado cargadero	Empacadora	59,23+30X+Y/1800	10
Transporte pacas	Camión rígido	17,03+37,2X+Y/1800	17/(0,27+∑Ti/vi)

Operaciones	Maquinaria	Coste horario	Productividad th/h
	Camión remolque	23,3+37,2X+Y/1800	22/(0,42+∑Ti/vi)
	Trailer	23,2+49,2X+Y/1800	22/(0,33+∑Ti/vi)
Astillado residuo en parque	Astilladora+tractor cargador	29,3+36X+ 25,19+15,56X+Y/1300	30
	Trituradora+tractor cargador	37,02+54X+ 25,19+15,56X+Y/1300	20
Astillado de pacas en parque central	Astilladora+tractor cargador	29,3+36X+ 25,19+15,56X+Y/1300	40
	Trituradora+tractor cargador	37,02+54X+ 25,19+15,56X+Y/1300	30

Siendo

d el diámetro normal medio del arbolado

Dd la distancia de desembosque

Ti la distancia de transporte ida y vuelta por la carretera i

Vi la velocidad media de la carretera i

3. *ÚLTIMAS CLARAS Y CORTAS FINALES EN TERRENO SUAVE*

Las opciones son:

Operaciones	Maquinaria	Coste horario	Productividad th/h
Acordonado	Cosechadora (Aprovechamiento integrado)	Ninguno*	
	Tractor con rastrillo o peine	17,18+5X+Y/1200	Vc·0,15
Astillado en calle y saca	Astilladora sobre autocargador con silo	63,39+54X+Y/1800	4,18
Empacado en calle y saca	Empacadora	59,23+30X+Y/1800	3,68
Saca pacas	Tractor agrícola	19,51+5X+Y/1200	$1/(0,08+0,0048\cdot Dd^{0,426})$
	Autocargador	25,08+30X+Y/1800	$1/(0,04+0,0024\cdot Dd^{0,426})$
Recolección de restos de corta y saca a cargadero	Tractor agrícola	19,51+5X+Y/1200	-0,01Dd+10,06
	Autocargador	25,08+30X+Y/1800	-0,014·Dd + 14,37
Astillado cargadero	Astilladora	63,39+54X+Y/1800	16,5
	Trituradora	31,4+40X+Y/1800	31,6*
Transporte astilla	Camión rígido	17,03+37,2X+Y/1800	15,75/(0,27+∑Ti/vi)
	Camión remolque	23,3+37,2X+Y/1800	22/(0,42+∑Ti/vi)
	Trailer	23,2+49,2X+Y/1800	22/(0,33+∑Ti/vi)
	Piso móvil	24,27+49,2X+Y/1800	24,5/(0,42+∑Ti/vi)
Empacado cargadero	Empacadora	59,23+30X+Y/1800	10

Transporte pacas	Camión rígido	17,03+37,2X+Y/1800	17/(0,27+∑Ti/vi)
	Camión remolque	23,3+37,2X+Y/1800	22/(0,42+∑Ti/vi)
	Trailer	23,2+49,2X+Y/1800	22/(0,33+∑Ti/vi)
Astillado residuo en parque	Astilladora+tractor cargador	29,3+36X+ 25,19+15,56X+Y/1300	30
	Trituradora+tractor cargador	37,02+54X+ 25,19+15,56X+Y/1300	20
Astillado de pacas en parque central	Astilladora+tractor cargador	29,3+36X+ 25,19+15,56X+Y/1300	40
	Trituradora+tractor cargador	37,02+54X+ 25,19+15,56X+Y/1300	30

- Realizar el apeo y procesado del árbol a pie de tocón, bien manualmente (lo que requeriría acordonado con tractor recogedor), o con cosechadora estándar, dejando los restos ya acordonados.

- Acordonar, si no lo está, con tractor recogedor.

- Astillar o triturar o empacar los cordones o Recolectar los restos de corta acordonados y sacarlos a cargadero, bien con tractor agrícola con caja y grúa o con autocargador

- Empacar o astillar o triturar o no hacer nada en cargadero

- Si se ha astillado o triturado en cargadero realizar el transporte con camión de piso móvil o camión con remolque o en camión tráiler o en camión rígido.

- Si no se ha hecho nada (restos entero), realizar el transporte a central con camión rígido, camión tráiler o camión con remolque

- Si se ha empacado en cargadero, transportar la paca a Central con camión rígido, camión tráiler o camión con remolque.

- Si llega a Central el residuo entero o empacado, astillar o triturar en astilladora o trituradora ayudada de grúa cargadora.

*Existe una pérdida de rendimiento en el aprovechamiento maderero que habría que imputárselo al aprovechamiento de los restos

**El triturado es muy básico, con tamaños a veces grandes

Siendo Vc el volumen de corta

4. *ÚLTIMAS CLARAS Y CORTAS FINALES EN PENDIENTE*

Las opciones son:

- Realizar el apeo manualmente (imputable a la madera)
- Sacar con skidder a cargadero (imputable a la madera)
- Procesar el árbol en cargadero con cosechadora estándar.
- Empacar o astillar o triturar o no hacer nada más en cargadero
- Si se ha astillado o triturado en cargadero realizar el transporte con camión de piso móvil o camión con remolque o en camión tráiler o en camión rígido.
- Si no se ha hecho nada (restos entero), realizar el transporte a central con camión rígido, camión tráiler o camión con remolque
- Si se ha empacado en cargadero, transportar la paca a Central con camión rígido, camión tráiler o camión con remolque.
- Si llega a Central el residuo entero o empacado, astillar o triturar en astilladora o trituradora ayudada de grúa cargadora.

Operaciones	Maquinaria	Coste horario	Productividad
Procesado en pista	Cosechadora	Ninguno*	
Transporte de los restos enteros	Camión rígido	20,55+37,2X+Y/1800	(0,47+∑Ti/vi)/7,2
	Camión remolque	24,12+37,2X+Y/1800	(0,83+∑Ti/vi)/14,4
	Trailer	24,45+49,2X+Y/1800	(0,7+∑Ti/vi)/10,3
Astillado cargadero	Astilladora	63,39+54X+Y/1800	16,5
	Trituradora	31,4+40X+Y/1800	31,6*
Transporte astilla	Camión rígido	17,03+37,2X+Y/1800	15,75/(0,27+∑Ti/vi)
	Camión remolque	23,3+37,2X+Y/1800	22/(0,42+∑Ti/vi)
	Trailer	23,2+49,2X+Y/1800	22/(0,33+∑Ti/vi)
	Piso móvil	24,27+49,2X+Y/1800	24,5/(0,42+∑Ti/vi)
Empacado cargadero	Empacadora	59,23+30X+Y/1800	10
Transporte pacas	Camión rígido	17,03+37,2X+Y/1800	17/(0,27+∑Ti/vi)
	Camión remolque	23,3+37,2X+Y/1800	22/(0,42+∑Ti/vi)
	Trailer	23,2+49,2X+Y/1800	22/(0,33+∑Ti/vi)
Astillado de pacas en parque central	Astilladora+tractor cargador	29,3+36X+ 25,19+15,56X+Y/1300	19,44
	Trituradora+tractor cargador	37,02+54X+ 25,19+15,56X+Y/1300	16,67

*Existe una pérdida de rendimiento en el aprovechamiento maderero que habría que imputárselo al aprovechamiento de los restos

**El triturado es muy básico, con tamaños a veces grandes

5. *CORTAS FINALES EN CHOPERAS* (excluyendo choperas a turno corto para madera)

Las opciones son:

- Acordonar si los restos no están acordonados (si el apeo ha sido manual)

- Astillar o triturar o empacar los cordones o recolectar los restos de corta acordonados y sacarlos a cargadero, bien con tractor agrícola con caja y grúa o con autocargador.

- Recolección de restos de corta y saca a cargadero mediante tractor agrícola o autocargador.

- Empacar o astillar o triturar o no hacer nada más en cargadero

- Si se ha astillado o triturado en cargadero realizar el transporte con camión de piso móvil o camión con remolque o en camión tráiler o en camión rígido.

- Si no se ha hecho nada (restos entero), realizar el transporte a central con camión rígido, camión tráiler o camión con remolque

- Si se ha empacado en cargadero, transportar la paca a Central con camión rígido, camión tráiler o camión con remolque.

- Si llega a Central el residuo entero o empacado, astillar o triturar en astilladora o trituradora ayudada de grúa cargadora.

Operaciones		Maquinaria	Coste horario	Productividad
Acordonado	Apeo Manual	Pala recogedora	17,18+5X+Y/1200	Vc·0,15 o 0,12 ha/h
	Apeo Mecánico	Cosechadora (Aprovechamiento integrado)	Ninguno *	
Saca a cargadero		Tractor agrícola	19,51+5X+Y/1200	-0,01Dd+10,06
		Autocargador	25,08+30X+Y/1800	-0,014·Dd + 14,37
Astillado del acordonado y saca		Astilladora cargadero+tractor agrícola remolque	63,39+54X+Y/1800+ +19,51+5X+Y/1800	7,18
Empacado en calle y saca		Empacadora	59,23+30X+Y/1800	3,68
Saca pacas		Tractor agrícola	19,51+5X+Y/1200	$1/(0,08+0,0048\cdot Dd^{0,426})$
		Autocargador	25,08+30X+Y/1800	$1/(0,04+0,0024\cdot Dd^{0,426})$
Astillado cargadero		Astilladora	80+46,12X+Y/1800	16,5
		Trituradora	40,23+40X+Y/1800	31,6**
Transporte astilla		Camión rígido	20,55+37,2X+Y/1800	(0,27+∑Ti/vi)/15,75
		Camión remolque	24,12+37,2X+Y/1800	(0,42+∑Ti/vi)/22

Operaciones	Maquinaria	Coste horario	Productividad
	Trailer	24,45+49,2X+Y/1800	(0,33+∑Ti/vi)/22
	Piso móvil	25,14+49,2X+Y/1800	(0,42+∑Ti/vi)/24,5
Empacado cargadero	Empacadora	73,24+31X+Y/1800	10
Transporte pacas	Camión rígido	20,55+37,2X+Y/1800	(0,32+∑Ti/vi)/17
	Camión remolque	24,12+37,2X+Y/1800	(0,42+∑Ti/vi)/22
	Trailer	24,45+49,2X+Y/1800	(0,38+∑Ti/vi)/22
Astillado de pacas en parque central	Astilladora+tractor cargador	32,4+36X+ 33,69+15,56X+Y/1300	40
	Trituradora+tractor cargador	40,9+54X+ 33,69+15,56X+Y/1300	30

*Existe una pérdida de rendimiento en el aprovechamiento maderero que habría que imputárselo al aprovechamiento de los restos.

**El triturado es muy básico, con tamaños a veces grandes

A continuación se presenta un ejemplo de rendimientos para un sistema logístico de los expuestos en el documento como ejemplo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**): Sistema logístico: Apeo manual, reunión manual, saca con tractor agrícola del material en bruto, transporte hasta central o parque de almacenamiento y adecuación del material en central mediante astillado.

Rendimiento (th/h) para Restos y árboles de diámetro <7 cm												
ID sistema logístico	Especie	Propiedad	Tratatamiento	Diámetro medio (dm)	Apeo	Reunión	Tratamiento en monte	Tratamiento en cargadero			Tratamiento en central	
							Astillado móvil	Triturado cargadero	Astillado cargadero	Empacado cargadero	Astillado en parque	Triturado parque
1111	Pinus sylvestris	Pu/Pr	clareo	7	1,29	1,67					30,00	
		Pu/Pr	1clara	24							30,00	
		Pu/Pr	2clara	33							30,00	
		Pu/Pr	corta final1	43							30,00	
		Pu/Pr	corta final2	47							30,00	

Donde el rendimiento del apeo es =(0,000399601*dm^2,04075)/(0,01296+0,0005*dm) = 1,29 th/h

Rendimiento (th/h) para Restos y árboles de diámetro <20 cm												
ID sistema logístico	Especie	Propiedad	Tratatamiento	Diámetro medio	Apeo	Reunión	Tratamiento en monte	Tratamiento en cargadero			Tratamiento en central	
							Astillado móvil	Triturado cargadero	Astillado cargadero	Empacado cargadero	Astillado en parque	Triturado parque
1111	Pinus sylvestris	Pu/Pr	clareo	7	1,29	1,67					30,00	
		Pu/Pr	1clara	24	2,93	1,67					30,00	
		Pu/Pr	2clara	33							30,00	
		Pu/Pr	corta final1	43							30,00	
		Pu/Pr	corta final2	47							30,00	

Donde el rendimiento del apeo es =(0,000399601*dm^2,04075)/(0,01296+0,0005*dm) = 1,29 th/h para clareo y 2,93 para 1ªclara.

- **Capacidad de carga y tiempos de carga y descarga**. La carga y tiempo de carga y descarga se ha estimado a partir de la consideración del tipo de biomasa transportada en función de su grado de adecuación (material bruto o astillado), del origen (frondosas o coníferas) y del tipo de medio de transporte (tractor o autocargador en la saca hasta cargadero y camión rígido, con remolque, trailer o piso móvil para el transporte hasta central).

De este modo para el caso de la saca,

Tipo adecuación del material	Material/Especie	Máquina	Carga (t húmedas)	T carga descarga (h)
Bruto	Residuos frondosas	Tractor	2,26	0,67
	AC frondosas		2,6	0,77
	Residuos coníferas		2,12	0,63
	AC coníferas		2,5	0,74
Astillado	Frond/coníf		12,6	0,2
Bruto	Residuos frondosas	Autocargador	4,5	0,83
	AC frondosas		5,2	0,96
	Residuos coníferas		4,2	0,78
	AC coníferas		5	0,93

Se ha considerado una saca de 50% coníferas y 50% frondosas a efectos de cálculo y además se ha ponderado para cada fracción de biomasa (restos y árboles de diámetro inferior a 7 cm, restos y árboles de diámetro inferior a 20 cm y árboles completos) en función de la posibilidad anual la cantidad de restos y de árboles que se transportan con el fin de estimar la densidad de carga. La ponderación resultante es la que se presenta a continuación:

	media	
	Ponderación residuos	Ponderación árbol completo
P<7	93	8
P<20	60	40
AC	0	100

Por tanto, la tabla de carga y tiempo de carga y descarga en la saca empleada por la Herramienta es la que se presenta acontinuación:

	P7		P20		AC	
Máquina	Carga (t húmedas)	T carga descarga (h)	Carga (t húmedas)	T carga descarga (h)	Carga (t húmedas)	T carga descarga (h)
Tractor	2,22	0,65	2,33	0,69	2,55	0,75
Autocargador	4,41	0,82	4,65	0,86	5,10	0,94
Tractor astillado	12,6	0,2	12,6	0,2	12,6	0,2

En cuanto a la carga y tiempo de carga y descarga en el trasnporte hasta central se actúa del mismo modo, de forma que se parte de la tabla en función del tipo de material (conífera/frondosa), del grado de adeuación (bruto, astillado, triturado o empacado) y del tipo de medio de transporte:

Tipo adecuación del material		Grupo de especie	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
Bruto	Residuos	Frondosas	Camión rígido	6,55	6,56	0,42	0,42
			Trailer	9,38	10,31	0,62	0,68
			Camión remolque	13,10	13,13	0,83	0,83
			Piso móvil	13,45	13,50	0,53	0,54
	Árbol completo		Camión rígido	7,55	7,55	0,47	0,47
			Trailer	10,78	11,86	0,70	0,77
			Camión remolque	15,10	15,09	0,83	0,83
			Piso móvil	31,00	15,53	0,57	0,28
	Residuos	Coníferas	Camión rígido	6,10	6,13	0,42	0,42
			Trailer	8,75	9,63	0,62	0,68
			Camión remolque	12,20	12,25	0,83	0,84
			Piso móvil	12,50	12,60	0,53	0,54
	Árbol completo		Camión rígido	7,20	7,22	0,47	0,47
			Trailer	10,30	11,34	0,70	0,77
			Camión remolque	14,40	14,44	0,83	0,84
			Piso móvil	14,80	14,85	0,55	0,55
Astillado		Frondosas	Camión rígido	13,80	13,78	0,25	0,25
			Trailer	19,68	21,66	0,33	0,37
			Camión remolque	22,00	27,56	0,42	0,52
			Piso móvil	24,50	28,35	0,42	0,48
		Coníferas	Camión rígido	13,20	13,13	0,25	0,25

Tipo adecuación del material	Grupo de especie	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
		Trailer	18,75	20,63	0,33	0,37
		Camión remolque	22,00	26,25	0,42	0,50
		Piso móvil	24,50	27,00	0,42	0,46
Empacado	Frondosas	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
		Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
		Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
		Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66
	Coníferas	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
		Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
		Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
		Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66
Triturado	Frondosas	Camión rígido	15,75	15,75	0,27	0,27
		Trailer	22,00	24,75	0,33	0,38
		Camión remolque	22,00	31,50	0,42	0,60
		Piso móvil	24,50	32,40	0,42	0,55
	Coníferas	Camión rígido	15,75	15,75	0,27	0,27
		Trailer	22,00	24,75	0,33	0,38
		Camión remolque	22,00	31,50	0,42	0,60
		Piso móvil	24,50	32,40	0,42	0,55

La carga internacional se ha elaborado a partir de la densidad de carga y el volumen de capacidad de carga de cada camión:

Las densidades que se han utilizado son las siguientes:	densidad t/m3	Camión rígido	Trailer	Camión remolque	Piso móvil
		7x2,5x2,5=43,75 m3	11x2,5x2,5= 68,75 m3	(7+7)x2,5x2,5=87,5 m3	90 m3
		43,75	68,75	87,5	90
Residuos coníferas y frondosas ligeras	0,14	6,13	9,63	12,25	12,60
Residuo frondosas pesada	0,16	7,00	11,00	14,00	14,40
Árbol entero frondosa pesada	0,18	7,88	12,38	15,75	16,20
Árbol entero conífera y frondosa ligera	0,165	7,22	11,34	14,44	14,85
Astilla conífera o frondosa ligera oreada	0,3	13,13	20,63	26,25	27,00
Astilla frondosa pesada oreada	0,33	14,44	22,69	28,88	29,70
Astilla de cualquier tipo húmeda	0,36	15,75	24,75	31,50	32,40

Las densidades que se han utilizado son las siguientes:	densidad t/m3	Camión rígido	Trailer	Camión remolque	Piso móvil
		7x2,5x2,5=43,75 m3	11x2,5x2,5= 68,75 m3	(7+7)x2,5x2,5=87,5 m3	90 m3
		43,75	68,75	87,5	90
Pretriturado de cualquier tipo	0,36	15,75	24,75	31,50	32,40
Pacas de coníferas o frondosas ligeras (volumen real)	0,4	17,50	27,50	35,00	36,00
Pacas de frondosas pesadas (volumen real)	0,43	18,81	29,56	37,63	38,70

Se decide partir de la hipótesis de que se transporta 50% de material de coníferas y 50% de material de frondosas, de modo que:

Material	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
Residuos	Camión rígido	6,33	6,34	0,42	0,42
	Trailer	9,06	9,97	0,62	0,68
	Camión remolque	12,65	12,69	0,83	0,84
	Piso móvil	12,98	13,05	0,53	0,54
Árbol completo	Camión rígido	7,38	7,38	0,47	0,47
	Trailer	10,54	11,60	0,70	0,77
	Camión remolque	14,75	14,77	0,83	0,83
	Piso móvil	22,90	15,19	0,56	0,42
Astillado	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,51
	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
Empacado	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
	Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
	Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
	Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66
Triturado	Camión rígido	15,75	15,75	0,27	0,27
	Trailer	22,00	24,75	0,33	0,38
	Camión remolque	22,00	31,50	0,42	0,60
	Piso móvil	24,50	32,40	0,42	0,55

Finalmente se pondera en función de la cantidad de restos y árboles completos transportados de modo que la distribución según tipo de fracción de biomasa es:

	media	
	Ponderación residuos	Ponderación árbol completo
P<7	93	8
P<20	60	40
AC	0	100

Por tanto, se crean tres tablas en función del la fracción de biomasa, sistema logístico (que define el grado de adecuación del material) y del tipo de camión. Además se tiene en cuenta si se ha decidido regirse por la legislacición nacional o europea de limitación de carga:

Restos y árboles de diámetro normal inferiosr a 7 cm					
Sistema Logistico	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
1111	Camión rígido	6,4	6,42	0,42	0,42
1111	Trailer	9,17	10,09	0,62	0,69
1111	Camión remolque	12,81	12,85	0,83	0,84
1111	Piso móvil	13,73	13,21	0,54	0,53
1112	Camión rígido	6,4	6,42	0,42	0,42
1112	Trailer	9,17	10,09	0,62	0,69
1112	Camión remolque	12,81	12,85	0,83	0,84
1112	Piso móvil	13,73	13,21	0,54	0,53
1121	Camión rígido	6,4	6,42	0,42	0,42
1121	Trailer	9,17	10,09	0,62	0,69
1121	Camión remolque	12,81	12,85	0,83	0,84
1121	Piso móvil	13,73	13,21	0,54	0,53
1122	Camión rígido	6,4	6,42	0,42	0,42
1122	Trailer	9,17	10,09	0,62	0,69
1122	Camión remolque	12,81	12,85	0,83	0,84
1122	Piso móvil	13,73	13,21	0,54	0,53
1211	Camión rígido	6,4	6,42	0,42	0,42
1211	Trailer	9,17	10,09	0,62	0,69
1211	Camión remolque	12,81	12,85	0,83	0,84
1211	Piso móvil	13,73	13,21	0,54	0,53
1212	Camión rígido	6,4	6,42	0,42	0,42
1212	Trailer	9,17	10,09	0,62	0,69
1212	Camión remolque	12,81	12,85	0,83	0,84
1212	Piso móvil	13,73	13,21	0,54	0,53
1221	Camión rígido	6,4	6,42	0,42	0,42

Restos y árboles de diámetro normal inferiosr a 7 cm					
Sistema Logistico	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
1221	Trailer	9,17	10,09	0,62	0,69
1221	Camión remolque	12,81	12,85	0,83	0,84
1221	Piso móvil	13,73	13,21	0,54	0,53
1222	Camión rígido	6,4	6,42	0,42	0,42
1222	Trailer	9,17	10,09	0,62	0,69
1222	Camión remolque	12,81	12,85	0,83	0,84
1222	Piso móvil	13,73	13,21	0,54	0,53
2111	Camión rígido	13,5	13,45	0,25	0,25
2111	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2111	Camión remolque	22	26,91	0,42	0,51
2111	Piso móvil	24,5	27,68	0,42	0,47
2112	Camión rígido	13,5	13,45	0,25	0,25
2112	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2112	Camión remolque	22	26,91	0,42	0,51
2112	Piso móvil	24,5	27,68	0,42	0,47
2121	Camión rígido	13,5	13,45	0,25	0,25
2121	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2121	Camión remolque	22	26,91	0,42	0,51
2121	Piso móvil	24,5	27,68	0,42	0,47
2122	Camión rígido	13,5	13,45	0,25	0,25
2122	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2122	Camión remolque	22	26,91	0,42	0,51
2122	Piso móvil	24,5	27,68	0,42	0,47
2211	Camión rígido	13,5	13,45	0,25	0,25
2211	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2211	Camión remolque	22	26,91	0,42	0,51
2211	Piso móvil	24,5	27,68	0,42	0,47
2212	Camión rígido	13,5	13,45	0,25	0,25
2212	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2212	Camión remolque	22	26,91	0,42	0,51
2212	Piso móvil	24,5	27,68	0,42	0,47
2221	Camión rígido	13,5	13,45	0,25	0,25
2221	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2221	Camión remolque	22	26,91	0,42	0,51
2221	Piso móvil	24,5	27,68	0,42	0,47
2222	Camión rígido	13,5	13,45	0,25	0,25
2222	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2222	Camión remolque	22	26,91	0,42	0,51
2222	Piso móvil	24,5	27,68	0,42	0,47

Restos y árboles de diámetro normal inferiosr a 7 cm					
Sistema Logistico	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
3111	Camión rígido	17	17,5	0,32	0,33
3111	Trailer	22	27,5	0,38	0,48
3111	Camión remolque	22	35	0,42	0,66
3111	Piso móvil	24,5	36	0,45	0,66
3112	Camión rígido	17	17,5	0,32	0,33
3112	Trailer	22	27,5	0,38	0,48
3112	Camión remolque	22	35	0,42	0,66
3112	Piso móvil	24,5	36	0,45	0,66
3121	Camión rígido	17	17,5	0,32	0,33
3121	Trailer	22	27,5	0,38	0,48
3121	Camión remolque	22	35	0,42	0,66
3121	Piso móvil	24,5	36	0,45	0,66
3122	Camión rígido	17	17,5	0,32	0,33
3122	Trailer	22	27,5	0,38	0,48
3122	Camión remolque	22	35	0,42	0,66
3122	Piso móvil	24,5	36	0,45	0,66
3211	Camión rígido	17	17,5	0,32	0,33
3211	Trailer	22	27,5	0,38	0,48
3211	Camión remolque	22	35	0,42	0,66
3211	Piso móvil	24,5	36	0,45	0,66
3212	Camión rígido	17	17,5	0,32	0,33
3212	Trailer	22	27,5	0,38	0,48
3212	Camión remolque	22	35	0,42	0,66
3212	Piso móvil	24,5	36	0,45	0,66
3221	Camión rígido	17	17,5	0,32	0,33
3221	Trailer	22	27,5	0,38	0,48
3221	Camión remolque	22	35	0,42	0,66
3221	Piso móvil	24,5	36	0,45	0,66
3222	Camión rígido	17	17,5	0,32	0,33
3222	Trailer	22	27,5	0,38	0,48
3222	Camión remolque	22	35	0,42	0,66
3222	Piso móvil	24,5	36	0,45	0,66
4111	Camión rígido	15,75	15,75	0,27	0,27
4111	Trailer	22	24,75	0,33	0,38
4111	Camión remolque	22	31,5	0,42	0,6
4111	Piso móvil	24,5	32,4	0,42	0,55
4112	Camión rígido	15,75	15,75	0,27	0,27
4112	Trailer	22	24,75	0,33	0,38
4112	Camión remolque	22	31,5	0,42	0,6

Restos y árboles de diámetro normal inferiosr a 7 cm					
Sistema Logistico	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
4112	Piso móvil	24,5	32,4	0,42	0,55
4121	Camión rígido	15,75	15,75	0,27	0,27
4121	Trailer	22	24,75	0,33	0,38
4121	Camión remolque	22	31,5	0,42	0,6
4121	Piso móvil	24,5	32,4	0,42	0,55
4122	Camión rígido	15,75	15,75	0,27	0,27
4122	Trailer	22	24,75	0,33	0,38
4122	Camión remolque	22	31,5	0,42	0,6
4122	Piso móvil	24,5	32,4	0,42	0,55
4211	Camión rígido	15,75	15,75	0,27	0,27
4211	Trailer	22	24,75	0,33	0,38
4211	Camión remolque	22	31,5	0,42	0,6
4211	Piso móvil	24,5	32,4	0,42	0,55
4212	Camión rígido	15,75	15,75	0,27	0,27
4212	Trailer	22	24,75	0,33	0,38
4212	Camión remolque	22	31,5	0,42	0,6
4212	Piso móvil	24,5	32,4	0,42	0,55
4221	Camión rígido	15,75	15,75	0,27	0,27
4221	Trailer	22	24,75	0,33	0,38
4221	Camión remolque	22	31,5	0,42	0,6
4221	Piso móvil	24,5	32,4	0,42	0,55
4222	Camión rígido	15,75	15,75	0,27	0,27
4222	Trailer	22	24,75	0,33	0,38
4222	Camión remolque	22	31,5	0,42	0,6
4222	Piso móvil	24,5	32,4	0,42	0,55
51	Camión rígido	13,5	13,45	0,25	0,25
51	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
51	Camión remolque	22	26,91	0,42	0,51
51	Piso móvil	24,5	27,68	0,42	0,47
52	Camión rígido	13,5	13,45	0,25	0,25
52	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
52	Camión remolque	22	26,91	0,42	0,51
52	Piso móvil	24,5	27,68	0,42	0,47

Restos y árboles de diámetro normal inferior a 20 cm					
Sistema Logistico	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
1111	Camión rígido	6,74	6,76	0,44	0,44
1111	Trailer	9,65	10,62	0,65	0,69
1111	Camión remolque	13,49	13,52	0,83	0,84
1111	Piso móvil	16,93	13,90	0,54	0,53
1112	Camión rígido	6,74	6,76	0,44	0,44
1112	Trailer	9,65	10,62	0,65	0,69
1112	Camión remolque	13,49	13,52	0,83	0,84
1112	Piso móvil	16,93	13,90	0,54	0,53
1121	Camión rígido	6,74	6,76	0,44	0,44
1121	Trailer	9,65	10,62	0,65	0,69
1121	Camión remolque	13,49	13,52	0,83	0,84
1121	Piso móvil	16,93	13,90	0,54	0,53
1122	Camión rígido	6,74	6,76	0,44	0,44
1122	Trailer	9,65	10,62	0,65	0,69
1122	Camión remolque	13,49	13,52	0,83	0,84
1122	Piso móvil	16,93	13,90	0,54	0,53
1211	Camión rígido	6,74	6,76	0,44	0,44
1211	Trailer	9,65	10,62	0,65	0,69
1211	Camión remolque	13,49	13,52	0,83	0,84
1211	Piso móvil	16,93	13,90	0,54	0,53
1212	Camión rígido	6,74	6,76	0,44	0,44
1212	Trailer	9,65	10,62	0,65	0,69
1212	Camión remolque	13,49	13,52	0,83	0,84
1212	Piso móvil	16,93	13,90	0,54	0,53
1221	Camión rígido	6,74	6,76	0,44	0,44
1221	Trailer	9,65	10,62	0,65	0,69
1221	Camión remolque	13,49	13,52	0,83	0,84
1221	Piso móvil	16,93	13,90	0,54	0,53
1222	Camión rígido	6,74	6,76	0,44	0,44
1222	Trailer	9,65	10,62	0,65	0,69
1222	Camión remolque	13,49	13,52	0,83	0,84
1222	Piso móvil	16,93	13,90	0,54	0,53
2111	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
2111	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2111	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,84
2111	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
2112	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
2112	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2112	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,84
2112	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
2121	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
2121	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2121	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,84
2121	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
2122	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
2122	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37

Restos y árboles de diámetro normal inferior a 20 cm					
Sistema Logistico	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
2122	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,84
2122	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
2211	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
2211	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2211	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,84
2211	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
2212	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
2212	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2212	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,84
2212	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
2221	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
2221	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2221	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,84
2221	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
2222	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
2222	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
2222	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,84
2222	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
3111	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
3111	Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
3111	Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
3111	Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66
3112	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
3112	Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
3112	Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
3112	Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66
3121	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
3121	Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
3121	Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
3121	Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66
3122	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
3122	Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
3122	Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
3122	Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66
3211	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
3211	Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
3211	Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
3211	Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66
3212	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
3212	Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
3212	Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
3212	Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66
3221	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
3221	Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
3221	Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
3221	Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66

Restos y árboles de diámetro normal inferior a 20 cm					
Sistema Logistico	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
3222	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
3222	Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
3222	Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
3222	Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66
4111	Camión rígido	6,74	0,00	0,27	0,12
4111	Trailer	22,00	0,36	0,33	0,13
4111	Camión remolque	22,00	0,36	0,42	0,00
4111	Piso móvil	24,50	0,36	0,42	0,00
4112	Camión rígido	6,74	0,00	0,27	0,12
4112	Trailer	22,00	0,36	0,33	0,13
4112	Camión remolque	22,00	0,36	0,42	0,00
4112	Piso móvil	24,50	0,36	0,42	0,00
4121	Camión rígido	6,74	0,00	0,27	0,12
4121	Trailer	22,00	0,36	0,33	0,13
4121	Camión remolque	22,00	0,36	0,42	0,00
4121	Piso móvil	24,50	0,36	0,42	0,00
4122	Camión rígido	6,74	0,00	0,27	0,12
4122	Trailer	22,00	0,36	0,33	0,13
4122	Camión remolque	22,00	0,36	0,42	0,00
4122	Piso móvil	24,50	0,36	0,42	0,00
4211	Camión rígido	6,74	0,00	0,27	0,12
4211	Trailer	22,00	0,36	0,33	0,13
4211	Camión remolque	22,00	0,36	0,42	0,00
4211	Piso móvil	24,50	0,36	0,42	0,00
4212	Camión rígido	6,74	0,00	0,27	0,12
4212	Trailer	22,00	0,36	0,33	0,13
4212	Camión remolque	22,00	0,36	0,42	0,00
4212	Piso móvil	24,50	0,36	0,42	0,00
4221	Camión rígido	6,74	0,00	0,27	0,12
4221	Trailer	22,00	0,36	0,33	0,13
4221	Camión remolque	22,00	0,36	0,42	0,00
4221	Piso móvil	24,50	0,36	0,42	0,00
4222	Camión rígido	6,74	0,00	0,27	0,12
4222	Trailer	22,00	0,36	0,33	0,13
4222	Camión remolque	22,00	0,36	0,42	0,00
4222	Piso móvil	24,50	0,36	0,42	0,00
51	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
51	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
51	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,51
51	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
52	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
52	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
52	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,51
52	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47

Árbol completo					
Sistema Logistico	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
611	Camión rígido	6,74	6,76	0,44	0,44
611	Trailer	9,65	10,62	0,65	0,69
611	Camión remolque	13,49	13,52	0,83	0,84
611	Piso móvil	16,93	13,90	0,54	0,53
612	Camión rígido	6,74	6,76	0,44	0,44
612	Trailer	9,65	10,62	0,65	0,69
612	Camión remolque	13,49	13,52	0,83	0,84
612	Piso móvil	16,93	13,90	0,54	0,53
621	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
621	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
621	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,84
621	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
622	Camión rígido	13,50	13,45	0,25	0,25
622	Trailer	19,21	21,14	0,33	0,37
622	Camión remolque	22,00	26,91	0,42	0,84
622	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
631	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
631	Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
631	Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
631	Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66
632	Camión rígido	17,00	17,50	0,32	0,33
632	Trailer	22,00	27,50	0,38	0,48
632	Camión remolque	22,00	35,00	0,42	0,66
632	Piso móvil	24,50	36,00	0,45	0,66
641	Camión rígido	6,74	0,00	0,27	0,12
641	Trailer	22,00	0,36	0,33	0,13
641	Camión remolque	22,00	0,36	0,42	0,00
641	Piso móvil	24,50	0,36	0,42	0,00
642	Camión rígido	6,74	0,00	0,27	0,12
642	Trailer	22,00	0,36	0,33	0,13
642	Camión remolque	22,00	0,36	0,42	0,00
642	Piso móvil	24,50	0,36	0,42	0,00

- **Velocidad de saca y transporte**. La velocidad del transporte por pista hasta cargadero, dado que no se dispone de una digitalización de dichas pistas se lleva a cabo mediante la asignación de una velocidad dependiente de la pendiente según la siguiente tabla:

Pistas	Pendiente			Velocidad (km/h)
	min	max	media	
No digitalizadas	0	12,5	6,25	16
	12,5	25	18,75	13
	25	35	30	11
	35	50	42,5	9
	50	70	60	5
	70	100	85	0

En cuanto a la velocidad de transporte desde cargadero a central o centro de adecuación y almacenamiento se lleva a cabo a partir de la asignación de velocidades en función del tipo de vía. Cada vía lleva asociada una velocidad media y dicha velocidad ha sido minorada en un 30% dado el tipo de vehículo empleado y tipo de carga.

Por otro lado, se presenta al usuario la posibilidad de introducción de un coste medio de transporte en (€/t).

2. BIOMASA PROCEDENTE DE MASAS FORESTALES SUSCEPTIBLES DE IMPLANTACIÓN EN TERRENO FORESTAL

A. PARÁMETROS ESTIMACIÓN DE BIOMASA

- **Especies susceptibles de implantación.** La Herramienta Informática presenta al usuario un listado de especies de modo que le permite seleccionar aquellas susceptibles de plantearse como implantables en la zona de estudio. Además, se presenta la posibilidad (t/ha·año) de producción de biomasa de cada una de ellas, existiendo la posibilidad de ser variada.

Especies susceptibles de implantación	Itinerario selvícola	Posibilidad (ts/ha·año)	Poder calórico superior (H=0%)
Quercus robur	único	2,90	19,30
Quercus faginea	único	2,90	19,30
Quercus ilex	único	2,90	18,40
Quercus petraea	único	2,90	19,30
Quercus pubescens	único	2,90	19,10
Quercus canariensis	único	2,90	19,10
Quercus pyrenaica	único	2,90	19,10
Quercus suber	único	2,90	20,00
Eucalyptus globulus	norte clonal	12,30	18,50
Eucalyptus globulus	norte seminal	6,90	18,50
Eucalyptus globulus	sur clonal	9,30	18,50
Eucalyptus globulus	sur seminal	5,20	18,50
Eucalyptus camaldulensis	sur clonal	9,30	18,90
Eucalyptus camaldulensis	sur seminal	5,20	18,90

Eucalyptus nitens	norte clonal	12,30	18,50
Eucalyptus nitens	norte seminal	6,90	18,50
Pinus pinaster	norte	6,50	20,93
Pinus pinaster	centro y sur	4,20	20,93
Pinus radiata	único	11,80	20,50
Pinus sylvestris	único	3,11	21,10
Pinus nigra	único	2,88	20,60
Pinus pinea	único	4,90	20,20
Pinus halepensis	único	1,45	20,40
Pinus canariensis	único	2,88	21,10

- **Contenido de humedad.** El usuario puede seleccionar el grado de humedad del material que desea para la presentación de resultados. Como valor predeterminado se ha considerado el 45% de contenido de humedad.

- **Multiplicador de calidad de estación o Productividad potencial forestal**. La posibilidad de cada especie anteriormente definida, es una posibilidad media, la cual se ve afectada por los condicionantes edáficos y climáticos de la zona de estudio a partir de un multiplicador elaborado a partir de la Productividad potencial forestal (Gandullo et. Serrada).

CLASE	Productividad m^3/ha·año			
	min	max	Valor de la clase	Coeficiente de mayoración / minoración
Ia	9	(9,75)	9,375	2,05
Ib	8,25	9	8,625	1,88
Ic	7,5	8,25	7,875	1,72
IIa	6,75	7,5	7,125	1,56
IIb	6	6,75	6,375	1,39

Dichos multiplicadores no podrán ser modificados por el usuario.

B. PARÁMETROS ESTIMACIÓN DE COSTES

- **Sistemas logísticos**

Sistemas logísticos de masas forestales susceptibles de implantación en terreno forestal			
ID	Descripción general	ID	Descripción general
611	*Eucalyptus globulus* clonal norte astillado en cargadero	471	*Quercus canariensis* astillado en cargadero
612	*Eucalyptus globulus* clonal norte astillado en central	472	*Quercus canariensis* en agricola astillado en central
613	*Eucalyptus globulus* seminal norte astillado en cargadero	431	*Quercus* pyrenaica astillado en cargadero
614	*Eucalyptus globulus* seminal norte astillado en central	432	*Quercus pyrenaica* astillado en central
615	*Eucalyptus globulus* clonal de sur astillado en cargadero	461	*Quercus suber* astillado en cargadero
616	*Eucalyptus globulus* clonal sur astillado en central	462	*Quercus suber* astillado en central
617	*Eucalyptus globulus* seminal sur astillado en cargadero	26N	*Pinus pinaster* norte astillado en cargadero

		1	
618	*Eucalyptus globulus* seminal sur astillado en central	26S 1	*Pinus pinaster* meseta astillado en cargadero
621	*Eucalyptus camaldulensis* clonal sur astillado en cargadero	281	*Pinus radiata* astillado en cargadero
622	*Eucalyptus camaldulensis* clonal sur astillado en central	211	*Pinus sylvestris* astillado en cargadero
623	*Eucalyptus camaldulensis* seminal sur astillado en cargadero	251	*Pinus nigra* astillado en cargadero
624	*Eucalyptus camaldulensis* seminal sur astillado en central	231	*Pinus pinea* astillado en cargadero
631	*Eucalyptus nitens* clonal norte astillado en cargadero	241	*Pinus halepensis* astillado en cargadero
632	*Eucalyptus nitens* clonal norte astillado en central	271	*Pinus canariensis* astillado en cargadero
633	*Eucalyptus nitens* seminal norte astillado en cargadero	26N 2	*Pinus pinaster* norte astillado en central
634	*Eucalyptus nitens* seminal norte astillado en central	26S 2	*Pinus pinaster* meseta astillado en central
441	*Quercus faginea* astillado en cargadero	282	*Pinus radiata* astillado en central
442	*Quercus faginea* astillado en central	212	*Pinus sylvestris* astillado en central
451	*Quercus ilex* astillado en cargadero	252	*Pinus nigra* astillado en central
452	*Quercus ilex* en agricola astillado en central	232	*Pinus pinea* astillado en central
243 1	*Quercus pyrenaica* astillado en cargadero	242	*Pinus halepensis* astillado en central
243 2	*Quercus pyrenaica* en agricola astillado en central	272	*Pinus canariensis* astillado en central

- **Coste de combustible**. El usuario puede actualizar al momento actual el coste de combustible (gasóleo). El coste tomado como predeterminados es 0,86 €/l de gasóleo.

- **Coste horario de maquinaria y mano de obra**. A la mano de obra se le ha asignado un coste fijo variable por el usuario. En la siguiente tabla se presentan los costes predeterminados de la Herramienta:

Categoría laboral del operario	€/h
Peón especializado motosierra	16,17
Peón auxiliar	13,86
Jefe de cuadrilla	15,87
Maquinista	19,55

Al coste de peón auxiliar o especializado se le ha aplicado un 14,29% del coste de jefe de cuadrilla, valor extraído de Tarifas Tragsa.

El cálculo del coste de maquinaria se ha llevado a cabo de forma similar a la maquinaria de masas forestales existentes.

COSTES DE LAS MÁQUINAS UTILIZADAS EN EL APROVECHAMIENTO DE RESTOS FORESTALES: PARÁMETROS

Máquina	PARÁMETROS FIJOS										PARÁMETROS VARIABLES						
	Vida útil (horas)	Horas Anuales de Trabajo (horas)	Consumo de combustible (l/h)	Coste neumáticos (€)	Vida neumáticos (h)	Consumo aceites y grasas (l/h)	Otros consumibles (cuchillas) (€/h)	Total consumibles (€/h)	Reventa (%)	Coste fijo explotación (€/h)	Mantenim y Reparaciones (%)	Subvenciones (%)	Tipos de Intereses (%)	Seguros (%)	Coste combustible (€/l)	Adquisición (€)	Mano de obra (€/h)
Bulldozer (120 o empujador)	10.000	1.200	7,26	9.000	3.000	0,33	0,00	3,57	20	5,00	25	25	4	5	0,86	180.000	21,82
Tractor agricola (cuba, remolque, plantador o grúa)	12.000	1.200	5,00	3.000	2.000	0,23	0,00	1,89	20	5,00	25	25	4	5	0,86	68.000	21,82
Astilladora cargadero	12.000	1.800	54,00	2.000	4.000	1,62	1,69	5,03	20	5,00	25	25	4	5	0,86	200.000	21,82
Astilladora parque	10.000	1.000	36,00	2.000	4.000	1,62	2,00	5,34	20	0,00	25	25	4	5	0,86	200.000	21,82
Retroexcavadora	11.000	1.300	7,69	9.000	3.000	0,35	0,00	3,61	20	5,00	25	25	4	5	0,86	120.000	21,82
Tractor Autocargador con cabezal cosechador acumulador	12.000	1.800	30,00	6.000	2.000	1,35	0,00	5,36	20	5,00	25	25	4	5	0,86	216.000	21,82
Trituradora parque	10.000	1.000	54,00	4.000	5.000	2,43	1,69	6,74	20	0,00	25	25	4	5	0,86	240.000	21,82
Pretrituradora parque	12.000	1.800	42,00	4.000	5.000	1,89	1,69	5,80	20	0,00	25	25	4	5	0,86	280.000	21,82
Cribadora parque	8.000	1.000	6,91	3.000	5.000	0,00	0,00	0,60	20	0,00	25	25	4	5	0,86	180.000	21,82
Grúa cargadora parque	10.000	1.300	16,56	3.500	2.500	0,75	0,00	2,70	20	0,00	25	25	4	5	0,86	150.000	21,82
Camión remolque	10.000	1.800	37,20	7.200	2.700	1,67	0,00	5,60	20	0,00	25	25	4	5	0,86	121.020	19,55
Piso móvil	10.000	1.800	49,20	5.600	2.700	2,21	0,00	5,95	20	0,00	25	25	4	5	0,86	127.000	19,55
Trailer	10.000	1.800	49,20	5.600	2.700	2,21	0,00	5,95	20	0,00	25	25	4	5	0,86	122.720	19,55
Camión rígido	10.000	1.800	37,20	4.000	2.700	1,67	0,00	4,41	20	0,00	25	25	4	5	0,86	106.200	19,55

COSTES DE LAS MÁQUINAS UTILIZADAS EN EL APROVECHAMIENTO DE RESTOS FORESTALES: COSTES

Máquina	Amortización (€/h)	Intereses (€/h)	Seguros (€/h)	Reparaciones (€/h)	Combustible (€/h)	MO (€/h)	Otros consumibles (€/h)	Coste fijo explotación (€/h)	**Coste horario (€/h)**
Bulldozer (120 o empujador)	9,90	1,85	7,50	4,50	6,24	21,82	3,57	5,00	**60,38**
Tractor agricola (cuba, remolque, plantador o grúa)	3,12	0,69	2,83	1,42	4,30	21,82	1,89	5,00	**41,06**
Astilladora cargadero	9,17	1,41	5,56	4,17	46,44	21,82	5,03	5,00	**98,58**
Astilladora parque	11,00	2,42	10,00	5,00	30,96	21,82	5,34	0,00	**86,53**
Retroexcavadora	6,00	1,14	4,62	2,73	6,61	21,82	3,61	5,00	**51,51**
Tractor Autocargador con cabezal cosechador acumulador	9,90	1,52	6,00	4,50	25,80	21,82	5,36	5,00	**79,90**
Trituradora parque	13,20	2,90	12,00	6,00	46,44	21,82	6,74	0,00	**109,10**
Pretrituradora parque	12,83	1,97	7,78	5,83	36,12	21,82	5,80	0,00	**92,15**
Cribadora parque	12,38	2,23	9,00	5,63	5,94	21,82	0,60	0,00	**57,59**
Grúa cargadora parque	8,25	1,43	5,77	3,75	14,24	21,82	2,70	0,00	**57,97**
Camión remolque	6,66	0,87	3,36	3,03	31,99	19,55	5,60		**71,05**
Piso móvil	6,99	0,92	3,53	3,18	42,31	19,55	5,95		**82,41**
Trailer	6,75	0,88	3,41	3,07	42,31	19,55	5,95		**81,92**
Camión rígido	5,84	0,77	2,95	2,66	31,99	19,55	4,41		**68,16**

- **Rendimiento de la maquinaria**. En cuanto al **rendimiento de la maquinaria**, como ya se dijo en el documento se rige por la siguiente tabla:

Operación	Máquina	Rendimiento (th/h)
Apeo	Cosechadora (Para 8<d<15)	$0{,}049 \cdot d^{2{,}174}$
	Cosechadora (Para d>15)	1,45·d – 15,2
	Multitaladora	1,17·d-6,5
Saca	Tractor agrícola	-0,01Dd+10,06
	Autocargador	- 0,014·Dd + 14,37
Tratamiento en cargadero	Astilladora	16,5
Tratamiento en parque	Astilladora	16,67
Destoconado	Pretrituradora parque	15,32
	Cribadora en parque	82,8
	Trituradora	13,89

d es el diámetro en cm

Dd es la distancia de desembosque que para este estudio se ha fijado en 350 metros

th, toneladas húmedas supuesta una humedad del 40% para la estimación de rendimientos

Por tanto, aplicando cada fórmula a cada género/especie/procedencia se obtienen los siguientes rendimientos:

Descripción general	Preparación terreno Subsolado (ha/h)	Abonado y plantación (ha/h)	Limpia (Aplic.herb) (ha/h)	Tratamiento plagas (ha/h)	Corta (th/h)	Trat. en cargadero (th/h)	Trat. en central (th/h)	Destoconado					
								Extracción (ha/h)	Reunión de tocones (ha/h)	Tratamiento en central			
										Rto, pre-tritutradora (th/h)	Rto. Cribadora (th/h)	Rto. Grúa (th/h)	Rto. Trituradora (th/h)
Eucalyptus clonal norte astillado en cargadero	0,7	0,5	0,25	0,25	12,94	16,5		0,3	0,3	15,32	82,8	15,32	13,89
Eucalyptus clonal norte astillado en central	0,7	0,5	0,25	0,25	12,94		16,67	0,3	0,3	15,32	82,8	15,32	13,89
Eucalyptus seminal norte astillado en cargadero	0,7	0,5	0,25	0,25	6,54	16,5		0,3	0,3	15,32	82,8	15,32	13,89
Eucalyptus seminal norte astillado en central	0,7	0,5	0,25	0,25	6,54		16,67	0,3	0,3	15,32	82,8	15,32	13,89
Eucalyptus clonal de sur astillado en cargadero	0,7	0,5	0,25	0,25	12,94	16,5		0,3	0,3	15,32	82,8	15,32	13,89
Eucalyptus clonal sur astillado en central	0,7	0,5	0,25	0,25	12,94		16,67	0,3	0,3	15,32	82,8	15,32	13,89
Eucalyptus seminal sur astillado en cargadero	0,7	0,5	0,25	0,25	6,54	16,5		0,3	0,3	15,32	82,8	15,32	13,89
Eucalyptus seminal sur astillado en central	0,7	0,5	0,25	0,25	6,54		16,67	0,3	0,3	15,32	82,8	15,32	13,89
Quercus astillado en cargadero	0,7	0,5	0	0	11,88	16,5		0,3	0,3	15,32	82,8	15,32	13,89

Descripción general	Preparación terreno Subsolado (ha/h)	Abonado y plantación (ha/h)	Limpia (Aplic.herb) (ha/h)	Tratamiento plagas (ha/h)	Corta (th/h)	Trat. en cargadero (th/h)	Trat. en central (th/h)	Destoconado					
								Extracción (ha/h)	Reunión de tocones (ha/h)	Tratamiento en central			
										Rto, pre-tritutradora (th/h)	Rto. Cribadora (th/h)	Rto. Grúa (th/h)	Rto. Trituradora (th/h)
Quercus astillado en central	0,7	0,5	0	0	11,88		16,67	0,3	0,3	15,32	82,8	15,32	13,89
Pinus pinaster norte astillado en cargadero	0,7	0,14	0	0	12,35	16,5	0						
Pinus pinaster meseta astillado en cargadero	0,7	0,14	0	0	15,98	0	16,67						
Pinus radiata astillado en cargadero	0,7	0,14	0	0	12,35	16,5	0						
Pinus sylvestris astillado en cargadero	0,7	0,14	0	0	13,8	0	16,67						
Pinus nigra astillado en cargadero	0,7	0,14	0	0	13,08	16,5	0						
Pinus pinea astillado en cargadero	0,7	0,14	0	0	13,8	0	16,67						
Pinus halepensis astillado en cargadero	0,7	0,14	0	0	9,3	16,5	0						
Pinus canariensis astillado en cargadero	0,7	0,14	0	0	10,47	0	16,67						
Pinus pinaster norte astillado en central	0,7	0,14	0	0	12,35	16,5	0						
Pinus pinaster meseta astillado en central	0,7	0,14	0	0	15,98	0	16,67						

Descripción general	Preparación terreno Subsolado (ha/h)	Abonado y plantación (ha/h)	Limpia (Aplic.herb) (ha/h)	Tratamiento plagas (ha/h)	Corta (th/h)	Trat. en cargadero (th/h)	Trat. en central (th/h)	Destoconado					
								Extracción (ha/h)	Reunión de tocones (ha/h)	Tratamiento en central			
										Rto, pre-tritutradora (th/h)	Rto. Cribadora (th/h)	Rto. Grúa (th/h)	Rto. Trituradora (th/h)
Pinus radiata astillado en central	0,7	0,14	0	0	12,35	16,5	0						
Pinus sylvestris astillado en central	0,7	0,14	0	0	13,8	0	16,67						
Pinus nigra astillado en central	0,7	0,14	0	0	13,08	16,5	0						
Pinus pinea astillado en central	0,7	0,14	0	0	13,8	0	16,67						
Pinus halepensis astillado en central	0,7	0,14	0	0	9,3	16,5	0						
Pinus canariensis astillado en central	0,7	0,14	0	0	10,47	0	16,67						

- **Otros costes.** A diferencia de las masas existentes, las masas a implantar necesitan unas labores de plantación, abonado, tratamiento de la vegetación en competencia y tratamiento contra posibles plagas. Dichas labores suponen costes de material no relacionado con la maquinaria. La siguiente tabla expone los costes procedente de dichos materiales.

Descripción general	Precio abono (€/kg)	Abono necesario (Kg/ha)	Coste abono (€/ha)	Precio planta (€/ud)	Planta necesaria (ud/ha)	Coste planta (€/ha)	Precio herbicida (€/l)	Herbicida necesario (l/ha)	Coste herbicida (€/ha)	Precio plaguicida (€/l)	Plaguicida necesario (l/ha)	Coste plaguicida (€/ha)
Eucalyptus clonal norte	0,24	412,50	96,94	0,50	1650,00	825,00	6,00	3,00	18,00	6,00	3,00	18,00
Eucalyptus seminal norte	0,24	412,50	96,94	0,11	1650,00	181,50	6,00	3,00	18,00	6,00	3,00	18,00
Eucalyptus clonal sur	0,24	412,50	96,94	0,50	1650,00	825,00	6,00	3,00	18,00	6,00	3,00	18,00
Eucalyptus seminal sur	0,24	412,50	96,94	0,11	1650,00	181,50	6,00	3,00	18,00	6,00	3,00	18,00
Quercus	0,24	500,00	117,50	0,44	2000,00	880,00						
Pinus pinaster norte	0,24	167,00	39,25	0,25	1670,00	417,50						
Pinus pinaster meseta	0,24	167,00	39,25	0,25	1670,00	417,50						
Pinus radiata	0,24	167,00	39,25	0,25	1670,00	417,50						
Pinus sylvestris	0,24	167,00	39,25	0,25	1670,00	417,50						
Pinus nigra	0,24	167,00	39,25	0,25	1670,00	417,50						
Pinus pinea	0,24	167,00	39,25	0,25	1670,00	417,50						
Pinus halepensis	0,24	167,00	39,25	0,25	1670,00	417,50						
Pinus canariensis	0,24	167,00	39,25	0,25	1670,00	417,50						

- **Capacidad de carga y tiempos de carga y descarga**. La carga y tiempo de carga y descarga se ha estimado a partir de la consideración del tipo de biomasa transportada en función de su grado de adecuación (material bruto o astillado), del origen (frondosas o coníferas) y del tipo de medio de transporte (tractor o autocargador en la saca hasta cargadero y camión rígido, con remolque, trailer o piso móvil para el transporte hasta central).

De este modo para el caso de la saca,

Tipo adecuación del material	Material/Especie	Máquina	Carga (t húmedas)	T carga descarga (h)
Bruto	Residuos frondosas	Tractor	2,26	0,67
	AC frondosas		2,6	0,77
	Residuos coníferas		2,12	0,63

Tipo adecuación del material	Material/Especie	Máquina	Carga (t húmedas)	T carga descarga (h)
	AC coníferas		2,5	0,74
Astillado	Frond/coníf		12,6	0,2
Bruto	Residuos frondosas	Autocargador	4,5	0,83
	AC frondosas		5,2	0,96
	Residuos coníferas		4,2	0,78
	AC coníferas		5	0,93

Se ha considerado una saca de 50% coníferas y 50% frondosas. Por tanto, la tabla de carga y tiempo de carga y descarga en la saca empleada por la Herramienta es la que se presenta acontinuación:

Medio de saca	Carga (t)	Tiempo de carga y descarga (h)
Tractor autocargador con cabezal cosechador acumulador (Harwarder)	5,10	0,50
Tractor con remolque dotado de una grúa tipo pulpo	2,55	0,38

Los tiempos de carga y descarga se han minorado dado que en el caso de tractor autocargador la carga se va realizando conforme se van apeando los pies, mientras que en el caso de tractor con remolque dotado de grúa se destina a carga de tocones.

En cuanto a la carga y tiempo de carga y descarga en el trasnporte hasta central se actúa del mismo modo, de forma que se parte de la tabla en función del tipo de material (conífera/frondosa), del grado de adeuación (bruto o astillado) y del tipo de medio de transporte. A diferencia de masas existentes cada sistema logístico (diferenciados principalmente en astillado en cargadero o en central, y por consiguiente transporte en bruto o astillado) se ha asignado el medio óptimo de transporte.

Tipo adecuación del material	Grupo de especie	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
Bruto	Frondosas	Camión rígido	7,55	7,55	0,47	0,47
	Coníferas	Camión rígido	7,20	7,22	0,47	0,47
Astillado	Frondosas	Piso móvil	24,50	28,35	0,42	0,48
	Coníferas	Piso móvil	24,50	27,00	0,42	0,46
Tocones	Coníferas y frondosas	Trailer	17,28	17,28	0,95848	0,95848

Se ha partido de la hipótesis de que el camión lleva 50% de su carga de biomasa procedente de conífers y 50% de biomasa procedente de frondosas por tanto:

Camión	Tipo de material a transportar	Carga nacional (th)	Carga internacional (th)	T carga-descarga nacional (h)	T carga-descarga internacional (h)
Piso móvil	Astilla	24,50	27,68	0,42	0,47
Camión rígido	Material en bruto	7,38	7,38	0,47	0,47
Trailer	Tocones	17,28	17,28	0,96	0,96

- **Velocidad de saca y transporte**. La velocidad del transporte por pista hasta cargadero, dado que no se dispone de una digitalización de dichas pistas se lleva a cabo mediante la asignación de una velocidad dependiente de la pendiente según la siguiente tabla:

Pistas	Pendiente			Velocidad (km/h)
	min	max	media	
No digitalizadas	0	12,5	6,25	16
	12,5	25	18,75	13
	25	35	30	11
	35	50	42,5	9
	50	70	60	5
	70	100	85	0

En cuanto a la velocidad de transporte desde cargadero a central o centro de adecuación y almacenamiento se lleva a cabo a partir de la asignación de velocidades en función del tipo de vía. Cada vía lleva asociada una velocidad media y dicha velocidad ha sido minorada en un 30% dado el tipo de vehículo empleado y tipo de carga.

Por otro lado, se presenta al usuario la posibilidad de introducción de un coste medio de transporte en (€/t).

3. BIOMASA PROCEDENTE DE RESTOS DE CULTIVOS AGRÍCOLAS TRADICIONALES Y MASAS HERBÁCEAS SUSCEPTIBLES DE IMPLANTACIÓN EN TERRENO AGRÍCOLA

A. PARÁMETROS ESTIMACIÓN DE BIOMASA

- **Escenario de partida o escenario base.** Como se ha comentado en el documento, el motor decisor de la herramienta se basa en la comparación de un escenario base que describe la situación actual y un escenario hipotético creado a partir de las hipótesis definidas por el usuario. El escenario base se contempla en la TABLA _PRINCIPAL en la cual se define para cada provincia y cada cultivo, el tipo de riego, la superficie del cultivo, el rendimiento del cultivo, de los restos y del arranque en el caso de arranque final de polantaciones de frutales. Dicha tabla no podrá ser modificada por el usuario.

Debido a que dicha tabla presenta un número elevado de registros únicamente se presenta un ejemplo de parte de ella.

pr_co_tm	pr_cu_cultivo	pr_co_riego	pr_superficie	pr_rencultivo	pr_renresiduo	pr_renarranque
1001	1000	0	127,057807	5,70166667	4,785	0
1001	1000	5	0,0916	3,5765	3,0015	0
1001	1000	6	0	3,71956	3,0015	0
1001	1000	7	2,19839996	3,71956	3,0015	0
1001	4000	0	0,0479569	16,06	16,2983333	0
1001	4000	5	0,81480003	10,2	10,3513699	0
1001	4000	6	0	10,608	10,3513699	0
1001	4000	7	19,5552008	10,608	10,3513699	0
1001	5000	0	80,7154593	5,70166667	5,18833333	0
1001	8000	0	37,5822242	4,455	4,36333333	0
1001	33000	0	23,738666	1,925	0	0
1001	33000	5	0,0884	1,2075	0	0
1001	33000	6	0	1,2558	0	0
1001	33000	7	2,12160004	1,2558	0	0
1001	40000	5	0,0988	1,61	0	0
1001	40000	6	0	1,6744	0	0
1001	40000	7	2,37120003	1,6744	0	0
1001	82000	0	0,36766957	0	0	0
1001	82000	5	5,42320007	0	0	0
1001	82000	6	0	0	0	0
1001	82000	7	130,156802	0	0	0
1001	92000	5	24,7476561	0	0	0
1001	92000	6	0	0	0	0
1001	92000	7	593,943747	0	0	0
1001	113000	0	0,31925291	0	8,61666667	24,4383333

Donde,

pr_co_tm, representa el codigo INE del municipio

pr_cu_cultivo, código del cultivo

pr_co_riego, código del tipo de riego

pr_superficie, superficie en ha del cultivo en el término municipal

pr_rencultivo, rendimiento o posibilidad del cultivo (t/ha·año)

pr_renresiduo, rendimiento o posibilidad de los restos del cultivo (t/ha·año)

pr_renarranque, rendimiento o posibilidad procedente del arranque de los cultivos leñosos (t/ha·año)

Dicha tabla se ha elaborado como se comentó en el documento a partir de la Base de Datos SIGPAC, la Base de datos PAC, la Base de datos de Regionalización Productiva PAC, el análisis de las superficies disponibles de los cultivos cuyos restos se consideran en el estudio y el análisis de la evolución de las superficies disponibles de los cultivos.

- **Especies sustituibles, susceptibles de implantación y posibilidad.** La Herramienta Informática presenta al usuario un listado de especies y tipos de cultivos de modo que le permite seleccionar aquellas tomadas como sustituibles por otras más rentables, y aquellas susceptibles de plantearse como implantables en la zona de estudio. Además, se presenta la posibilidad (t/ha·año) de producción de biomasa de cada una de ellas, existiendo la posibilidad de ser variada. Además, para cada especie o tipo de cultivo se presenta la opción de seleccionar el no aprovechamiento, el aprovechamiento de restos o del cultivo por completo con fin energético.

Las distintas especies y cultivos y su selección predeterminada quedan definidas en la TABLA_CULTIVOS, en la cual se caracterizan por completo cada uno de los cultivos tanto existentes como potenciales de implantación.

Se presenta un ejemplo de la tabla descrita:

cu_clave	1000	4000	5000
cu_nombre	TRIGO BLANDO	MAIZ	CEBADA
cu_sustituible	FALSO	VERDADERO	VERDADERO
cu_co_aprovcultivo	0	0	0
cu_co_aprovresiduo	1	1	1
cu_co_estacion	0	0	0
cu_poscultivo	3,11	8,76	3,11
cu_posresiduo	2,61	8,89	2,83
cu_posarranque	0	0,00	0,00
cu_co_rendimiento	1	2	1
cu_co_grupo	1	1	1
cu_co_tipo	1	1	1
cu_regmin	0	0,00	0,00
cu_conagua	0	0	0
cu_co_riego	0	0	0
cu_co_estacionagua	0	0	0
cu_tolfrio	0	0	0
cu_pcaprovresiduo	0	0	0
cu_kdis2	0,2	0,20	0,20
cu_kdis3	0,2	0,20	0,20
cu_humedadbm	13	13	13

La descripción de los campos así como su codificación se presenta en el documento.

- **Tipo de riego.** La producción de biomasa se encuentra influenciada por el índice de productividad derivado del tipo de riego. Así pues, se han elaborado dos tablas T_Riego que determina el índice o coeficiente de riego en función del tipo de riego y la tabla T_TipoRiego que define para cada provincia el porcentaje de superficie de cada tipo de riego.

T_RIEGO

ri_clave	ri_descr	ri_coef
0	Secano	1
5	Gravedad	1
6	Aspersión	1,04
7	Automotriz	1,04
8	Localizado	1
9	Otros	1

T_TIPORIEGO (ejemplo para Álava)

tr_co_provincia	tr_sr	tr_co_riego	tr_pcsup
1	Regadío	5	0,04
1	Regadío	6	0
1	Regadío	7	0,96
1	Secano	0	1

B. PARÁMETROS ESTIMACIÓN DE COSTES

- **Itinerarios y datos técnicos.** En la tabla T_DatoTécnico se describe para cada cultivo las operaciones llevadas acabo, así como el año de realización, la maquinaria y el rendimiento en unidades/h. Las labores se encuentran codificadas bajo el campo concepto el cual se asocia con la tabla T_Concepto donde se decriben cada uno de ellos. La maquinaria se encuentra también codificada y descrita en la tabla T_Máquinaria.

De este modo para el ejemplo de la avena:

T_DATOTÉCNICO

dt_ce_cultivo	dt_ce_concepto	dt_riego	dt_co_destinoresto	dt_o	dt_a	dt_b	dt_co_maquina	dt_año
8000	3	7	0	0	0	3000	0	0
8000	90	0	0	0	1	0	0	0
8000	1	0	0	0	1	150	0	0
8000	12	0	0	0	20	0	0	0
8000	13	0	0	0	10	0	0	0

dt_ce_cultivo	dt_ce_concepto	dt_riego	dt_co_destinoresto	dt_o	dt_a	dt_b	dt_co_maquina	dt_año
8000	11	0	0	0	6	0	0	0
8000	9	0	0	0	0	1	0	0
8000	3	6	0	0	0	3000	0	0
8000	2	0	0	0	0,07	2,1	5	0
8000	5	0	0	0	0	0,6	5	0
8000	14	0	0	0	0,05	0,6	2	0
8000	16	0	0	0	0,05	0,6	5	0
8000	4	5	0	0	0	1	0	0

T_CONCEPTO

co_clave	co_concepto	co_inggas	co_co_tipogas	co_co_dependiente	co_co_labor	co_unidad	co_aplicacion
1	Semilla/planta	-1	0	1	0	ud/ha.año	1
2	Prep y Siembra	-1	1	0	0	h/ha.año	1
3	Agua m3	-1	0	0	0	m3/ha.año	1
4	Canon agua	-1	0	0	0	€/ha	1
5	Fert y Trat	-1	1	0	0	h/ha.año	1
9	Herbicida 3	-1	0	0	0	ud/ha.año	1
11	UF K2O	-1	0	0	0	uf/ha	1
12	UF N	-1	0	0	0	uf/ha	1
13	UF P2O5	-1	0	0	0	uf/ha	1
14	Recolección	-1	1	0	1	h/ha.año	1
16	Transporte	-1	1	0	2	ud/ha.año	1
90	Producción	1	0	1	0	coeficiente =1	1
99	Subvención	1	0	1	0	oeficiente =1(1 subvencion por cada implantacion)	1

T_MAQUINARIA

ID_Maq	Maquina	Vu	HAT	ConsComb	OC	Re	Cfe	MR	Sub	Ti	Se	Tipo_comb	Pa	MO	Coste_horario
2	Cosechadora	12.000	1.800	27,60	5,17	20	2,2	25	25	4	5	Gasóleo	300.506	4	83,44
5	Tractor agricola con remolque, cuba, apero plantador o con remolque dotado de una grúa tipo pulpo para la saca.	12.000	1.200	5,00	1,89	20	5	25	25	4	5	Gasóleo	68.000	4	41,06
7	Astilladora cargadero	12.000	1.800	54,00	5,03	20	5	25	25	4	5	Gasóleo	200.000	4	98,58
10	Astilladora parque	10.000	1.000	36,00	5,34	20	0	25	25	4	5	Gasóleo	200.000	4	86,53
11	Retroexcavadora	11.000	1.300	7,69	3,61	20	5	25	25	4	5	Gasóleo	120.000	4	51,51
12	Trituradora parque	10.000	1.000	54,00	6,74	20	0	25	25	4	5	Gasóleo	240.000	4	109,1
20	Bulldozer	10.000	1.200	7,26	3,57	20	5	25	25	4	5	Gasóleo	180.000	4	60,38
22	Autocargador con cabezal cosechador/multitalador	12.000	1.800	30,00	5,36	20	5	25	25	4	5	Gasóleo	216.000	4	79,9

ID_Maq	Maquina	Vu	HAT	ConsComb	OC	Re	Cfe	MR	Sub	Ti	Se	Tipo_comb	Pa	MO	Coste_horario
23	pretrituradora parque	12.000	1.800	42,00	5,80	20	0	25	25	4	5	Gasóleo	280.000	4	92,15
24	class Jaguar	10.000	1.600	99,60	11,03	20	5	25	25	4	5	Gasóleo	375.200	4	168,24
25	cribadora parque	8.000	1.000	6,91	0,60	20	0	25	25	4	5	Gasóleo	180.000	4	57,59
33	RECOLECCION BIOMASA HUMEDA (class jaguar agricola)	4.000	750	60,00	9,42	20	5	25	0	4	5	Gasóleo	350.000	4	211,91
55	RECOLECCION BIOMASA SECA (tractor agricola de gran potencia)	12.000	750	25,00	2,79	20	5	25	0	4	5	Gasóleo	81.500	4	65,52
17	Camión remolque	10.000	1.800	37,20	5,60	20	0	25	25	4	5	Gasóleo	121.020	4	64,36
1	Motosierra	2.000	1.000	1,00	0,70	10	0	25	25	4	0	Gasolina	1.000	1	25,03

- **Costes indirectos: Coste horario de maquinaria y mano de obra.** El coste de maquinaria se encuentra definido en la tabla expuesta anteriormente, T_Maquinaria. El coste de la mano de obra se encuentra definido en la tabla T_Mano_Obra.

ID_MO	Mano_obra	Coste_horario
1	Peón especializado motosierra	20
2	Peón auxiliar	15
3	Jefe de cuadrilla	20
4	Maquinista	10
9999	No hay Mano obra	0

La obtención de los costes horarios se lleva a cabo de forma similar a la descrita anteriormente, siendo variables por el usuario.

- **Costes directos dependientes.** Se encuentran descritos en la tabla T_CosteDirecto. A continuación se presenta el ejemplo de costes para el cultivo de avena.

cd_ce_cultivo	cd_ce_concepto	cd_precio (€/ud)
8000	1	0,25
8000	90	146
8000	99	1

- **Costes directos independientes.** Se encuentran definidos en la tabla T_CosteIndependiente.

ci_ce_concepto	ci_precio (€/ud)
3	0,03
4	60
6	10
7	30
8	20
9	10
10	10
11	0,5
12	0,8
13	0,6

ci_ce_concepto	ci_precio (€/ud)
78	6
100	6
55	0,235
203	72
204	72
206	0
208	1
211	0,8
201	45,89
202	45,89
207	45,89
208	20
209	69,47
212	38,51
213	18
223	72

- **Coste de transporte.** Se ha definido un tipo de transporte, así como su capacidad de carga y tiempo de carga y descarga para cada tipo de biomasa (restos de cultivos agrícolas tradicionales, masas herbáceas susceptibles de implantación y masas forestales susceptibles de implantación).

Tipo biomasa	Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
Cultivos leñosos	Piso móvil	24,50	27,68	0,42	0,47
Cultivos herbáceos	Trailer	22,19	24,06	0,39	0,42
Restos	Trailer	20,70	22,60	0,36	0,39

4. BIOMASA PROCEDENTE DE MASAS LEÑOSAS SUSCEPTIBLES DE IMPLANTACIÓN EN TERRENO AGRÍCOLA

Los datos de este apartado se encuentran incluidos en el Apartado 3, pero por coherencia con el documento se van a describir detalladamente en un nuevo apartado.

A. PARÁMETROS ESTIMACIÓN DE BIOMASA

- **Especies susceptibles de implantación.** La Herramienta Informática presenta al usuario un listado de especies de modo que le permite seleccionar aquellas susceptibles de plantearse como implantables en la zona de estudio. Además, se presenta la posibilidad (t/ha·año) de producción de biomasa de cada una de ellas, existiendo la posibilidad de ser variada.

Especies susceptibles de implantación	Itinerario selvícola	Posibilidad (ts/ha·año)	Poder calórico superior (H=0%)
Quercus robur	único	2,90	19,30
Quercus faginea	único	2,90	19,30
Quercus ilex	único	2,90	18,40
Quercus petraea	único	2,90	19,30
Quercus pubescens	único	2,90	19,10
Quercus canariensis	único	2,90	19,10
Quercus pyrenaica	único	2,90	19,10
Quercus suber	único	2,90	20,00
Eucalyptus spp	clonal secano	8,8	18,50
Eucalyptus spp	seminal secano	6,3	18,50
Eucalyptus spp	clonal regadío	22,7	18,50
Eucalyptus spp	seminal regadío	19,3	18,50
Populus spp	modelo 1	16,7	19,40
Populus spp	modelo 2	19,5	19,40
Pinus pinaster	norte	6,50	20,93
Pinus pinaster	centro y sur	4,20	20,93
Pinus radiata	único	11,80	20,50
Pinus sylvestris	único	3,11	21,10
Pinus nigra	único	2,88	20,60
Pinus pinea	único	4,90	20,20
Pinus halepensis	único	1,45	20,40
Pinus canariensis	único	2,88	21,10

- **Contenido de humedad.** El usuario puede seleccionar el grado de humedad del material que desea para la presentación de resultados. Como valor predeterminado se ha considerado el 45% de contenido de humedad.

- **Multiplicador de calidad de estación o Productividad potencial forestal**. La posibilidad de cada especie anteriormente definida, es una posibilidad media, la cual se ve afectada por los condicionantes edáficos y climáticos de la zona de estudio a partir de un multiplicador elaborado a partir de la Productividad potencial forestal (Gandullo et. Serrada).

CLASE	Productividad m^3/ha·año			
	min	max	Valor de la clase	Coeficiente de mayoración / minoración
Ia	9	(9,75)	9,375	2,05
Ib	8,25	9	8,625	1,88
Ic	7,5	8,25	7,875	1,72
IIa	6,75	7,5	7,125	1,56
IIb	6	6,75	6,375	1,39

Dichos multiplicadores no podrán ser modificados por el usuario.

B. PARÁMETROS ESTIMACIÓN DE COSTES

- **Sistemas logísticos.** Se ha definido un sistema logístico específico para cada uno de los géneros/especies/procedencia. Cada especie tiene asignadas unas operaciones desde la preparación del terreno hasta el destoconado al final del ciclo, presentándose como única opción el astillado en cargadero y el transporte hasta central en piso móvil. No se han presentado más opciones al usuario debido a la complejidad del cálculo en el decisor de especies a implantar frente a otros cultivos (tanto herbáceos como leñosos tradicionales o con fin energético). Por tanto, no se permite al usuario la selección del sistema logístico.

- **Coste de combustible**. El usuario puede actualizar al momento actual el coste de combustible (gasóleo). El coste tomado como predeterminados es 0,86 €/l de gasóleo.

- **Costes indirectos: Coste horario de maquinaria y mano de obra**. A la mano de obra se le ha asignado un coste fijo variable por el usuario. En la siguiente tabla se presentan los costes predeterminados de la Herramienta:

Categoría laboral del operario	€/h
Peón especializado motosierra	16,17
Peón auxiliar	13,86
Jefe de cuadrilla	15,87
Maquinista	19,55

Al coste de peón auxiliar o especializado se le ha aplicado un 14,29% del coste de jefe de cuadrilla, valor extraído de Tarifas Tragsa.

El cálculo del coste de maquinaria se ha llevado a cabo de forma similar a la maquinaria de masas forestales existentes.

COSTES DE LAS MÁQUINAS UTILIZADAS EN EL APROVECHAMIENTO DE RESTOS FORESTALES: PARÁMETROS

Máquina	PARÁMETROS FIJOS										PARÁMETROS VARIABLES						
	Vida útil (horas)	Horas Anuales de Trabajo (horas)	Consumo de combustible (l/h)	Coste neumáticos (€)	Vida neumáticos (h)	Consumo aceites y grasas (l/h)	Otros consumibles (cuchillas) (€/h)	Total consumibles (€/h)	Reventa (%)	Coste fijo explotación (€/h)	Mantenim y Reparaciones (%)	Subvenciones (%)	Tipos de Interés (%)	Seguros (%)	Coste combustible (€/l)	Adquisición (€)	Mano de obra (€/h)
Bulldozer	10.000	1.200	7,26	9.000	3.000	0,33	0,00	3,57	20	5	25	25	4	5	0,86	180.000	21,82
Tractor agricola (cuba, remolque, plantador o grúa)	12.000	1.200	5,00	3.000	2.000	0,23	0,00	1,89	20	5	25	25	4	5	0,86	68.000	21,82
Class Jaguar	10.000	1.600	99,60	3.000	2.000	4,48	1,69	11,03	20	5	25	25	4	5	0,86	375.200	21,82
Multitaladora = cosechadora o procesadora ligera equipada con un cabezal multitalador	12.000	1.800	20,70	6.000	2.000	0,93	0,00	4,63	20	5	25	25	4	5	0,86	290.000	21,82
Cosechadora estándar	12.000	1.800	27,60	6.000	2.000	1,24	0,00	5,17	20	2,22	25	25	4	5	0,86	300.506	21,82
Autocargador con cabezal cosechador acumulador	12.000	1.800	30,00	6.000	2.000	1,35	0,00	5,36	20	5	25	25	4	5	0,86	216.000	21,82
Autocargador	12.000	1.800	30,00	6.000	2.000	1,35	0,00	5,36	20	5	25	25	4	5	0,86	180.000	21,82
Astilladora cargadero	12.000	1.800	54,00	2.000	4.000	1,62	1,69	5,03	20	5	25	25	4	5	0,86	200.000	21,82
Astilladora parque	10.000	1.000	36,00	2.000	4.000	1,62	2,00	5,34	20	0	25	25	4	5	0,86	200.000	21,82
Retroexcavadora	11.000	1.300	7,69	9.000	3.000	0,35	0,00	3,61	20	5	25	25	4	5	0,86	120.000	21,82

Máquina	PARÁMETROS FIJOS										PARÁMETROS VARIABLES						
	Vida útil (horas)	Horas Anuales de Trabajo (horas)	Consumo de combustible (l/h)	Coste neumáticos (€)	Vida neumáticos (h)	Consumo aceites y grasas (l/h)	Otros consumibles (cuchillas) (€/h)	Total consumibles (€/h)	Reventa (%)	Coste fijo explotación (€/h)	Mantenim y Reparaciones (%)	Subvenciones (%)	Tipos de Interés (%)	Seguros (%)	Coste combustible (€/l)	Adquisición (€)	Mano de obra (€/h)
Trituradora parque	10.000	1.000	54,00	4.000	5.000	2,43	1,69	6,74	20	0	25	25	4	5	0,86	240.000	21,82
Pretrituradora parque	12.000	1.800	42,00	4.000	5.000	1,89	1,69	5,80	20	0	25	25	4	5	0,86	280.000	21,82
Cribadora parque	8.000	1.000	6,91	3.000	5.000	0,00	0,00	0,60	20	0	25	25	4	5	0,86	180.000	21,82
Grúa cargadora parque	10.000	1.300	16,56	3.500	2.500	0,75	0,00	2,70	20	0	25	25	4	5	0,86	150.000	21,82
Piso móvil	10.000	1.800	49,20	5.600	2.700	2,21	0,00	5,95	20	0	25	25	4	5	0,86	127.000	19,55

COSTES DE LAS MÁQUINAS UTILIZADAS EN EL APROVECHAMIENTO DE RESTOS FORESTALES: COSTES

Máquina	Amortización (€/h)	Intereses (€/h)	Seguros (€/h)	Reparaciones (€/h)	Combustible (€/h)	Mano de obra (€/h)	Otros consumibles (€/h)	Coste fijo explotación (€/h)	**Coste horario (€/h)**
Bulldozer (120 o empujador)	9,90	1,85	7,50	4,50	6,24	21,82	3,57	5,00	**60,38**
Tractor agricola (cuba, remolque, plantador o grúa)	3,12	0,69	2,83	1,42	4,30	21,82	1,89	5,00	**41,06**
Class Jaguar	20,64	2,99	11,73	9,38	85,66	21,82	11,03	5,00	**168,24**
Multitaladora = cosechadora o procesadora ligera equipada con un cabezal multitalador	13,29	2,04	8,06	6,04	17,80	21,82	4,63	5,00	**78,68**

Máquina	Amortización (€/h)	Intereses (€/h)	Seguros (€/h)	Reparaciones (€/h)	Combustible (€/h)	Mano de obra (€/h)	Otros consumibles (€/h)	Coste fijo explotación (€/h)	**Coste horario (€/h)**
Cosechadora estándar	13,77	2,11	8,35	6,26	23,74	21,82	5,17	2,22	**83,44**
Tractor Autocargador con cabezal cosechador acumulador	9,90	1,52	6,00	4,50	25,80	21,82	5,36	5,00	**79,90**
Autocargador	8,25	1,27	5,00	3,75	25,80	21,82	5,36	5,00	76,25
Astilladora cargadero	9,17	1,41	5,56	4,17	46,44	21,82	5,03	5,00	**98,58**
Astilladora parque	11,00	2,42	10,00	5,00	30,96	21,82	5,34	0,00	**86,53**
Retroexcavadora	6,00	1,14	4,62	2,73	6,61	21,82	3,61	5,00	**51,51**
Trituradora parque	13,20	2,90	12,00	6,00	46,44	21,82	6,74	0,00	**109,10**
Pretrituradora parque	12,83	1,97	7,78	5,83	36,12	21,82	5,80	0,00	**92,15**
Cribadora parque	12,38	2,23	9,00	5,63	5,94	21,82	0,60	0,00	**57,59**
Grúa cargadora parque	8,25	1,43	5,77	3,75	14,24	21,82	2,70	0,00	**57,97**
Piso móvil	6,99	0,92	3,53	3,18	42,31	19,55	5,95		**82,41**

- **Rendimiento de la maquinaria**. En cuanto al **rendimiento de la maquinaria**, como ya se dijo en el documento se rige por la siguiente tabla:

Operación	Máquina	Rendimiento (th/h)
Apeo	Cosechadora (Para 8<d<15)	$0{,}049 \cdot d^{2{,}174}$
	Cosechadora (Para d>15)	1,45·d – 15,2
	Multitaladora	1,17·d-6,5
Saca	Tractor agrícola	-0,01Dd+10,06
	Autocargador	- 0,014·Dd + 14,37
Tratamiento en cargadero	Astilladora	16,5
Tratamiento en parque	Astilladora	16,67
Destoconado	Pretrituradora parque	15,32
	Cribadora en parque	82,8
	Trituradora	13,89

d es el diámetro en cm

Dd es la distancia de desembosque que para este estudio se ha fijado en 350 metros

th, toneladas húmedas supuesta una humedad del 40% para la estimación de rendimientos

Por tanto, aplicando cada fórmula a cada género/especie/procedencia se obtienen los siguientes rendimientos:

Descripción general	Preparación terreno	Abonado y plantación (ha/h)	Limpia (Aplic.herb) (ha/h)	Tratamiento plagas (ha/h)	Abonados		Corta (th/h)	Saca a cargadero (th/h)	Tratamiento en cargadero (astillado)	Destoconado					
										Extracción	Reunión de tocones (ha/h)	Saca a cargadero (th/h)	Tratamiento en central		
	Subsolado (ha/h)				2º Abonado (ha/h)	3er abonado (posterior a la 1ª corta) (ha/h)				(ha/h)			Pretrituradora (th/h)	Cribadora (th/h)	Trituradora (th/h)
Quercus en agrícola	0,7	0,5	na	na	na	na	11,88169632	9,47	16,5	0,3	0,3	6,56	15,32	89,8	13,89
Pinus pinaster norte agrícola de secano	na	0,14	na	na	na	na	12,35	9,47	16,5	na	na	na	na	na	na
Pinus pinaster meseta agrícola de secano		0,14	na	na	na	na	15,975	9,47	16,5	na	na	na	na	na	na
Pinus radiata agrícola de secano		0,14	na	na	na	na	12,35	9,47	16,5	na	na	na	na	na	na
Pinus sylvestris agrícola de secano		0,14	na	na	na	na	13,8	9,47	16,5	na	na	na	na	na	na
Pinus nigra agrícola de secano		0,14	na	na	na	na	13,075	9,47	16,5	na	na	na	na	na	na
Pinus pinea agrícola de secano		0,14	na	na	na	na	13,8	9,47	16,5	na	na	na	na	na	na
Pinus halepensis agrícola de secano		0,14	na	na	na	na	9,295	9,47	16,5	na	na	na	na	na	na
Pinus canariensis agrícola de secano		0,14	na	na	na	na	10,465	9,47	16,5	na	na	na	na	na	na

Descripción general	Preparación terreno	Abonado y plantación (ha/h)	Limpia (Aplic.herb) (ha/h)	Tratamiento plagas (ha/h)	Abonados		Corta (th/h)	Saca a cargadero (th/h)	Tratamiento en cargadero (astillado)	Destoconado					
										Extracción	Reunión de tocones (ha/h)	Saca a cargadero (th/h)	Tratamiento en central		
	Subsolado (ha/h)				2º Abonado (ha/h)	3er abonado (posterior a la 1ª corta) (ha/h)				(ha/h)			Pretrituradora (th/h)	Cribadora (th/h)	Trituradora (th/h)
Eucalyptus clonal en agrícola de secano	0,11	0,7	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	31,5	13,12	0,3	0,3	6,56	15,32	89,8	13,89
Eucalyptus seminal en agrícola de secano	0,11	0,7	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	22,5	13,12	0,3	0,3	6,56	15,32	89,8	13,89
Eucalyptus clonal en agrícola de regadío	0,11	0,7	0,5	na	0,25	0,5	0,5	54	13,12	0,3	0,3	6,56	15,32	89,8	13,89
Eucalyptus seminal en agrícola de regadío	0,11	0,7	0,5	na	0,25	0,5	0,5	38,1	13,12	0,3	0,3	6,56	15,32	89,8	13,89
Populus modelo 1 en agrícola y riego a manta	0,11	0,7	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	45,09	13,12	0,3	0,3	6,56	15,32	89,8	13,89
Populus modelo 2 en agrícola y riego a manta	0,11	0,7	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	17,66	9,47	0,3	0,3	6,56	15,32	89,8	13,89
Populus modelo 1 en agrícola y riego a goteo	0,11	0,7	0,5	na	0,25	0,5	0,5	45,09	13,12	0,3	0,3	6,56	15,32	89,8	13,89
Populus modelo 2 en agrícola y riego a goteo	0,11	0,7	0,5	na	0,25	0,5	0,5	17,66	9,47	0,3	0,3	6,56	15,32	89,8	13,89

- **Costes directos dependientes:**

Descripción de la masa a implantar	Subvención (€/ha.año)	Planta necesaria (ud/ha)	Precio planta (€/ud)	Precio de biomasa (€/ts)
Eucalyptus clonal en agrícola de secano	50,17	2.667	0,50	87,50
Eucalyptus seminal en agrícola de secano	26,53	2.667	0,11	87,50
Eucalyptus clonal en agrícola de regadío	68,98	2.667	0,50	87,50
Eucalyptus seminal en agrícola de regadío	36,48	2.667	0,11	87,50
Populus modelo 1 en agrícola y riego a manta	37,87	5.500	0,10	87,50
Populus modelo 2 en agrícola y riego a manta	21,71	1.500	0,10	87,50
Populus modelo 1 en agrícola y riego a goteo	37,87	5.500	0,10	87,50
Populus modelo 2 en agrícola y riego a goteo	21,71	1.500	0,10	87,50
Quercus en agrícola	4,97	2.000	0,44	87,50
Pinus pinaster norte agrícola de secano	32,52	1.670	0,25	87,50
Pinus pinaster meseta agrícola de secano	16,26	1.670	0,25	87,50
Pinus radiata agrícola de secano	40,65	1.670	0,25	87,50
Pinus sylvestris agrícola de secano	11,83	1.670	0,25	87,50
Pinus nigra agrícola de secano	10,84	1.670	0,25	87,50
Pinus pinea agrícola de secano	13,01	1.670	0,25	87,50
Pinus halepensis agrícola de secano	14,45	1.670	0,25	87,50
Pinus canariensis agrícola de secano	18,58	1.670	0,25	87,50

- **Costes directos independientes:**

Descripción general	Precio del agua (€/m3)	Agua necesaria (m3/ha/año)	Precio abono (€/kg)	Abono necesario (Kg/ha)	Precio planta (€/ud)	Planta necesaria (ud/ha)	Precio herbicida (€/l)	Herbicida necesario (l/ha)	Precio plaguicida (€/l)	Plaguicida necesario (l/ha)
Eucalyptus clonal en agrícola de secano	na	na	0,24	666,75	0,50	2.667	6,00	3	6,00	3
Eucalyptus seminal en agrícola de secano	na	na	0,24	666,75	0,11	2.667	6,00	3	6,00	3
Eucalyptus clonal en agrícola de regadío	0,18	1.600	0,24	666,75	0,50	2.667	na	na	6,00	3
Eucalyptus seminal en agrícola de regadío	0,18	1.600	0,24	666,75	0,11	2.667	na	na	6,00	3

Descripción general	Precio del agua (€/m3)	Agua necesaria (m3/ha/año)	Precio abono (€/kg)	Abono necesario (Kg/ha)	Precio planta (€/ud)	Planta necesaria (ud/ha)	Precio herbicida (€/l)	Herbicida necesario (l/ha)	Precio plaguicida (€/l)	Plaguicida necesario (l/ha)
Populus modelo 1 en agrícola y riego a manta	0,18	5.000	0,24	1375	0,10	5.000	6,00	3	6,00	3
Populus modelo 2 en agrícola y riego a manta	0,18	5.000	0,24	375	0,10	5.000	6,00	3	6,00	3
Populus modelo 1 en agrícola y riego a goteo	0,18	2.500	0,24	1375	0,10	2.500	na	na	6,00	3
Populus modelo 2 en agrícola y riego a goteo	0,18	2.500	0,24	375	0,10	2.500	na	na	6,00	3
Quercus en agrícola	na	na	0,24	500	0,44	2.000	na	na	na	na
Pinus pinaster norte agrícola de secano	na	na	0,24	167	0,25	1.670	na	na	na	na
Pinus pinaster meseta agrícola de secano	na	na	na	na	0,25	1.670	na	na	na	na
Pinus radiata agrícola de secano	na	na	0,24	167	0,25	1.670	na	na	na	na
Pinus sylvestris agrícola de secano	na	na	0,24	167	0,25	1.670	na	na	na	na
Pinus nigra agrícola de secano	na	na	0,24	167	0,25	1.670	na	na	na	na
Pinus pinea agrícola de secano	na	na	0,24	167	0,25	1.670	na	na	na	na
Pinus	na	na	0,24	167	0,25	1.670	na	na	na	na

Descripción general	Precio del agua (€/m3)	Agua necesaria (m3/ha/año)	Precio abono (€/kg)	Abono necesario (Kg/ha)	Precio planta (€/ud)	Planta necesaria (ud/ha)	Precio herbicida (€/l)	Herbicida necesario (l/ha)	Precio plaguicida (€/l)	Plaguicida necesario (l/ha)
halepensis agrícola de secano										
Pinus canariensis agrícola de secano	na	na	0,24	167	0,25	1.670	na	na	na	na

- **Capacidad de carga y tiempos de carga y descarga**. La saca se he calculado a partir de la ecuación: -0,01Dd+10,06 siendo Dd la distancia media a cargadero, la cual se ha considerado de 350 m. En dicha ecuación se incluye la carga y descarga.

En cuanto al transporte a central se ha considerado un único medio de transporte mediante piso móvil, con las siguientes hipótesis de carga y tiempos de carga y descarga según la legislación que aplique.

Máquina	Carga nacional (t húmedas)	Carga internacional (t húmedas)	T carga descarga nacional (h)	T carga descarga internacional (h)
Piso móvil	24,5	27,68	0,42	0,47

- **Velocidad de saca y transporte**. La velocidad del transporte por pista hasta cargadero, dado que no se dispone de una digitalización de dichas pistas se lleva a cabo mediante la asignación de una velocidad dependiente de la pendiente según la siguiente tabla:

Pistas	Pendiente			Velocidad (km/h)
	min	max	media	
No digitalizadas	0	12,5	6,25	16
	12,5	25	18,75	13
	25	35	30	11
	35	50	42,5	9
	50	70	60	5
	70	100	85	0

En cuanto a la velocidad de transporte desde cargadero a central o centro de adecuación y almacenamiento se lleva a cabo a partir de la asignación de velocidades en función del tipo de vía. Cada vía lleva asociada una velocidad media y dicha velocidad ha sido minorada en un 30% dado el tipo de vehículo empleado y tipo de carga.

Por otro lado, se presenta al usuario la posibilidad de definir un coste medio de transporte en €/t.

ANEXO III. Análisis de rentabilidad de masas a implantar

El cálculo de biomasa procedente de masas forestales a implantar en terreno forestal, necesita un decisor previo de qué especie o género es el idóneo para la implantación de cada zona. Inicialmente se lleva a cabo una selección del género y/o especie o procedencia (clonal o seminal) en función de las condiciones de la zona de implantación (clima, geología, altitud, etc.) y de los condicionantes ecológicos de cada género y/o especie. Ahora bien, en dicha selección de especie para cada zona puede darse la circunstancia de que una misma zona sea susceptible de implantación de varias especies, si así ocurriese se determina cuál es la especie más rentable de modo que sea seleccionada para la implantación.

El **cálculo de rentabilidad** se lleva a cabo mediante el análisis de gastos e ingresos actualizados al año 0.

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo y análisis de rentabilidad de distintos géneros y/o especies, tomada como tasa de interés el 4%, un precio biomasa húmeda (40% de contenido de humedad) de 48 €/t y sistema logístico de astillado en cargadero. Dichos parámetros (tasa interés, contenido humedad, precio de la biomasa y sistema logístico) podrán ser variados por el usuario.

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Eucalyptus spp clonal en el norte	Nivelado	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0		86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Plantas	0		825,00		0,00	-825,00	-825,00
	Abono	0		96,94		0,00	-96,94	-96,94
	Plantación y abonado	0		82,13		0,00	-82,13	-82,13
	Herbicida	1		18,00		0,00	-18,00	-17,31
	Aplicación herbicida	1		164,26		0,00	-164,26	-157,94
	Plaguicida	3		18,00		0,00	-18,00	-16,00
	Aplicación plaguicida	3		164,26		0,00	-164,26	-146,02
	Extracción biomasa	6	108,33	668,95	6,17	5.200,00	4.531,05	3.580,96
	Astillado en cargadero	6		647,22	5,97	0,00	-647,22	-511,51
	Carga Pies	6		848,59	7,83	0,00	-848,59	-670,66
	Extracción biomasa	11	100,00	617,49	6,17	4.800,00	4.182,51	2.716,88
	Astillado en cargadero	11		597,44	5,97	0,00	-597,44	-388,08
	Carga Pies	11		783,32	7,83	0,00	-783,32	-508,83
	Extracción biomasa	16	100,00	617,49	6,17	4.800,00	4.182,51	2.233,08
	Astillado en cargadero	16		597,44	5,97	0,00	-597,44	-318,98
	Carga Pies	16		783,32	7,83	0,00	-783,32	-418,22
	Extracción biomasa	21	100,00	617,49	6,17	4.800,00	4.182,51	1.835,43
	Astillado en cargadero	21		597,44	5,97	0,00	-597,44	-262,18
	Carga Pies	21		783,32	7,83	0,00	-783,32	-343,75
	Extracción biomasa	26	100,00	617,49	6,17	4.800,00	4.182,51	1.508,59
	Astillado en cargadero	26		597,44	5,97	0,00	-597,44	-215,49
	Carga Pies	26		783,32	7,83	0,00	-783,32	-282,53

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
	Extracción tocones	26	25,00	171,72		1.200,00	1.028,28	370,89
	Reunion tocones	26		201,27		0,00	-201,27	-72,60
	Pretriturado en central	26		150,37	6,01	0,00	-150,37	-54,24
	Cribado en central	26		17,39	0,70	0,00	-17,39	-6,27
	Triturado en central	26		196,37	7,85	0,00	-196,37	-70,83
	Grúa en central	26		94,59	3,78	0,00	-94,59	-34,12
	Carga_tocones	26		150,97	6,04	0,00	-150,97	-54,45
							Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados)	**6.605,50**

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Eucalyptus spp clonal en el sur	Nivelado	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0		86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Plantas	0		825,00		0,00	-825,00	-825,00
	Abono	0		96,94		0,00	-96,94	-96,94
	Plantación y abonado	0		82,13		0,00	-82,13	-82,13
	Herbicida	1		18,00		0,00	-18,00	-17,31
	Aplicación herbicida	1		164,26		0,00	-164,26	-157,94
	Plaguicida	3		18,00		0,00	-18,00	-16,00
	Aplicación plaguicida	3		164,26		0,00	-164,26	-146,02
	Extracción biomasa	6	83,33	514,57	6,17	4.000,00	3.485,43	2.754,58
	Astillado en cargadero	6		497,86	5,97	0,00	-497,86	-393,47
	Carga Pies	6		652,76	7,83	0,00	-652,76	-515,89
	Extracción biomasa	11	75,00	463,12	6,17	3.600,00	3.136,88	2.037,66
	Astillado en cargadero	11		448,08	5,97	0,00	-448,08	-291,06
	Carga Pies	11		587,49	7,83	0,00	-587,49	-381,62
	Extracción biomasa	16	75,00	463,12	6,17	3.600,00	3.136,88	1.674,81
	Astillado en cargadero	16		448,08	5,97	0,00	-448,08	-239,23
	Carga Pies	16		587,49	7,83	0,00	-587,49	-313,66
	Extracción biomasa	21	75,00	463,12	6,17	3.600,00	3.136,88	1.376,57
	Astillado en cargadero	21		448,08	5,97	0,00	-448,08	-196,63
	Carga Pies	21		587,49	7,83	0,00	-587,49	-257,81
	Extracción biomasa	26	75,00	617,49	6,17	3.600,00	2.982,51	1.075,76
	Astillado en cargadero	26		448,08	5,97	0,00	-448,08	-161,62
	Carga Pies	26		587,49	7,83	0,00	-587,49	-211,90
	Extracción tocones	26	18,75	171,72		900,00	728,28	262,68
	Reunion tocones	26		201,27		0,00	-201,27	-72,60
	Pretriturado en central	26		112,78	6,01	0,00	-112,78	-40,68
	Cribado en central	26		13,04	0,70	0,00	-13,04	-4,70
	Triturado en central	26		147,28	7,85	0,00	-147,28	-53,12
	Grúa en central	26		70,95	3,78	0,00	-70,95	-25,59
	Carga_tocones	26		113,23	6,04	0,00	-113,23	-40,84
							Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados)	**4.554,04**

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Eucalyptus spp clonal en el norte	Nivelado	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0	0,00	86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Plantas	0	0,00	181,50		0,00	-181,50	-181,50
	Abono	0	0,00	96,94		0,00	-96,94	-96,94
	Plantación y abonado	0	0,00	82,13		0,00	-82,13	-82,13
	Herbicida	1	0,00	18,00		0,00	-18,00	-17,31
	Aplicación herbicida	1	0,00	164,26		0,00	-164,26	-157,94
	Plaguicida	3	0,00	18,00		0,00	-18,00	-16,00
	Aplicación plaguicida	3	0,00	164,26		0,00	-164,26	-146,02
	Extracción biomasa	6	60,00	732,69	12,21	2.880,00	2.147,31	1.697,05
	Astillado en cargadero	6	0,00	358,46	5,97	0,00	-358,46	-283,30
	Carga Pies	6	0,00	469,99	7,83	0,00	-469,99	-371,44
	Extracción biomasa	11	55,83	681,81	12,21	2.680,00	1.998,19	1.297,99
	Astillado en cargadero	11	0,00	333,57	5,97	0,00	-333,57	-216,68
	Carga Pies	11	0,00	437,35	7,83	0,00	-437,35	-284,10
	Extracción biomasa	16	55,83	681,81	12,21	2.680,00	1.998,19	1.066,85
	Astillado en cargadero	16	0,00	333,57	5,97	0,00	-333,57	-178,10
	Carga Pies	16	0,00	437,35	7,83	0,00	-437,35	-233,51
	Extracción biomasa	21	55,83	681,81	12,21	2.680,00	1.998,19	876,87
	Astillado en cargadero	21	0,00	333,57	5,97	0,00	-333,57	-146,38
	Carga Pies	21	0,00	437,35	7,83	0,00	-437,35	-191,92
	Extracción biomasa	26	55,83	681,81	12,21	2.680,00	1.998,19	720,73
	Astillado en cargadero	26	0,00	597,44	5,97	0,00	-597,44	-215,49
	Carga Pies	26	0,00	783,32	7,83	0,00	-783,32	-282,53
	Extracción tocones	26	13,96	171,72		670,00	498,28	179,73
	Reunion tocones	26	0,00	201,27		0,00	-201,27	-72,60
	Pretriturado en central	26	0,00	83,96	6,01	0,00	-83,96	-30,28
	Cribado en central	26	0,00	9,71	0,70	0,00	-9,71	-3,50
	Triturado en central	26	0,00	109,64	7,85	0,00	-109,64	-39,55
	Grúa en central	26	0,00	52,81	3,78	0,00	-52,81	-19,05
	Carga_tocones	26	0,00	84,29	6,04	0,00	-84,29	-30,40
							Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados)	**2.456,29**

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Eucalyptus spp clonal en el norte	Nivelado	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0		86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Plantas	0		181,50		0,00	-181,50	-181,50
	Abono	0		96,94		0,00	-96,94	-96,94
	Plantación y abonado	0		82,13		0,00	-82,13	-82,13
	Herbicida	1		18,00		0,00	-18,00	-17,31
	Aplicación herbicida	1		164,26		0,00	-164,26	-157,94
	Plaguicida	3		18,00		0,00	-18,00	-16,00
	Aplicación plaguicida	3		164,26		0,00	-164,26	-146,02
	Extracción biomasa	6	50,00	610,58	12,21	2.400,00	1.789,42	1.414,21
	Astillado en cargadero	6		298,72	5,97	0,00	-298,72	-236,08
	Carga Pies	6		391,66	7,83	0,00	-391,66	-309,53
	Extracción biomasa	11	41,67	508,81	12,21	2.000,00	1.491,19	968,65
	Astillado en cargadero	11		248,93	5,97	0,00	-248,93	-161,70
	Carga Pies	11		326,38	7,83	0,00	-326,38	-212,01
	Extracción biomasa	16	41,67	508,81	12,21	2.000,00	1.491,19	796,16
	Astillado en cargadero	16		248,93	5,97	0,00	-248,93	-132,91
	Carga Pies	16		326,38	7,83	0,00	-326,38	-174,26
	Extracción biomasa	21	41,67	508,81	12,21	2.000,00	1.491,19	654,38
	Astillado en cargadero	21		248,93	5,97	0,00	-248,93	-109,24
	Carga Pies	21		326,38	7,83	0,00	-326,38	-143,23
	Extracción biomasa	26	41,67	508,81	12,21	2.000,00	1.491,19	537,85
	Astillado en cargadero	26		448,08	5,97	0,00	-448,08	-161,62
	Carga Pies	26		587,49	7,83	0,00	-587,49	-211,90
	Extracción tocones	26	10,42	171,72		500,00	328,28	118,41
	Reunion tocones	26		201,27		0,00	-201,27	-72,60
	Pretriturado en central	26		62,65	6,01	0,00	-62,65	-22,60
	Cribado en central	26		7,24	0,70	0,00	-7,24	-2,61
	Triturado en central	26		81,82	7,85	0,00	-81,82	-29,51
	Grúa en central	26		39,41	3,78	0,00	-39,41	-14,22
	Carga_tocones	26		62,90	6,04	0,00	-62,90	-22,69

Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados) 1.688,86

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Quercus spp	Nivelado	0				0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0		86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Plantas	0		117,50		0,00	-117,50	-117,50
	Abono	0		880,00		0,00	-880,00	-880,00
	Plantación y abonado	0		82,13		0,00	-82,13	-82,13
	Extracción biomasa	30	125,00	840,56	6,72	6.000,00	5.159,44	1.590,75
	Astillado en cargadero	30		688,05	5,97	0,00	-688,05	-212,14
	Carga Pies	30		902,12	7,83	0,00	-902,12	-278,14

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
	Extracción biomasa	55	115,17	774,44	6,72	5.528,00	4.753,56	549,78
Quercus spp	Astillado en cargadero	55		688,05	5,97	0,00	-688,05	-79,58
	Carga Pies	55		902,12	7,83	0,00	-902,12	-104,34
	Extracción biomasa	80	115,17	774,44	6,72	5.528,00	4.753,56	206,23
	Astillado en cargadero	80		688,05	5,97	0,00	-688,05	-29,85
	Carga Pies	80		902,12	7,83	0,00	-902,12	-39,14
	Extracción biomasa	105	115,17	774,44	6,72	5.528,00	4.753,56	77,36
	Astillado en cargadero	105		688,05	5,97	0,00	-688,05	-11,20
	Carga Pies	105		902,12	7,83	0,00	-902,12	-14,68
	Extracción biomasa	130	115,17	774,44	6,72	5.528,00	4.753,56	29,02
	Astillado en cargadero	130		688,05	5,97	0,00	-688,05	-4,20
	Carga Pies	130		902,12	7,83	0,00	-902,12	-5,51
	Extracción biomasa	155	115,17	774,44	6,72	5.528,00	4.753,56	10,89
	Astillado en cargadero	155		688,05	5,97	0,00	-688,05	-1,58
	Carga Pies	155		902,12	7,83	0,00	-902,12	-2,07
	Extracción biomasa	175	115,17	774,44	6,72	5.528,00	4.753,56	4,97
	Astillado en cargadero	175		688,05	5,97	0,00	-688,05	-0,72
	Carga Pies	175		902,12	7,83	0,00	-902,12	-0,94
	Extracción tocones	175	28,79	171,72		1.382,00	1.210,28	1,26
	Reunion tocones	175		201,27		0,00	-201,27	-0,21
	Pretriturado en central	175		173,18	6,01	0,00	-173,18	-0,18
	Cribado en central	175		20,02	0,70	0,00	-20,02	-0,02
	Triturado en central	175		226,16	7,85	0,00	-226,16	-0,24
	Grúa en central	175		108,94	3,78	0,00	-108,94	-0,11
	Carga_tocones	175		173,87	6,04	0,00	-173,87	-0,18

Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados) 519,36

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Pinus pinaster norte	Nivelado	0				0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0		86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Material_abono	0		39,25		0,00	-39,25	-39,25
	Material_planta	0		417,50		0,00	-417,50	-417,50
	Abonado	0		293,31		0,00	-293,31	-293,31
	Extraccion	20	260,00	1.682,07	6,47	12.480,00	10.797,93	4.928,03
	TratCargadero	20		1.553,34	5,97	0,00	-1.553,34	-708,92
	Carga Pies	20		2.036,62	7,83	0,00	-2.036,62	-929,49

Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados) 2.453,30

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Pinus pinaster meseta	Nivelado	0				0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0		86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Material_abono	0		39,25		0,00	-39,25	-39,25
	Material_planta	0		417,50		0,00	-417,50	-417,50
	Abonado	0		293,31		0,00	-293,31	-293,31
	Extraccion	40	280,00	1.400,41	5,00	13.440,00	12.039,59	2.507,71
	TratCargadero	40		1.672,83	5,97	0,00	-1.672,83	-348,43
	Carga Pies	40		2.193,29	7,83	0,00	-2.193,29	-456,84
							Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados)	**866,13**

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Pinus radiata	Nivelado	0				0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0		86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Material_abono	0		39,25		0,00	-39,25	-39,25
	Material_planta	0		417,50		0,00	-417,50	-417,50
	Abonado	0		293,31		0,00	-293,31	-293,31
	Extraccion	16	315,83	2.043,28	6,47	15.160,00	13.116,72	7.003,12
	TratCargadero	16		1.886,91	5,97	0,00	-1.886,91	-1.007,44
	Carga Pies	16		2.473,98	7,83	0,00	-2.473,98	-1.320,88
							Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados)	**3.838,49**

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Pinus sylvestris	Nivelado	0				0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0		86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Material_abono	0		39,25		0,00	-39,25	-39,25
	Material_planta	0		417,50		0,00	-417,50	-417,50
	Abonado	0		293,31		0,00	-293,31	-293,31
	Extraccion	55	285,17	1.651,04	5,79	13.688,00	12.036,96	1.392,14
	TratCargadero	55		1.703,69	5,97	0,00	-1.703,69	-197,04
	Carga Pies	55		2.233,76	7,83	0,00	-2.233,76	-258,35
							Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados)	**100,44**

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Pinus nigra	Nivelado	0				0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0		86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Material_abono	0		39,25		0,00	-39,25	-39,25
	Material_planta	0		417,50		0,00	-417,50	-417,50
	Abonado	0		293,31		0,00	-293,31	-293,31
	Extraccion	60	287,83	1.758,88	6,11	13.816,00	12.057,12	1.146,15
	TratCargadero	60		1.719,63	5,97	0,00	-1.719,63	-163,47
	Carga Pies	60		2.254,65	7,83	0,00	-2.254,65	-214,33
							Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados)	**-67,96**

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Pinus pinea	Nivelado	0				0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0		86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Material_abono	0		39,25		0,00	-39,25	-39,25
	Material_planta	0		417,50		0,00	-417,50	-417,50
	Abonado	0		293,31		0,00	-293,31	-293,31
	Extraccion	50	409,67	2.371,86	5,79	19.664,00	17.292,14	2.433,22
	TratCargadero	50		2.447,50	5,97	0,00	-2.447,50	-344,39
	Carga Pies	50		3.208,99	7,83	0,00	-3.208,99	-451,55
							Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados)	**800,96**

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Pinus halepensis	Nivelado	0				0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0		86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Material_abono	0		39,25		0,00	-39,25	-39,25
	Material_planta	0		417,50		0,00	-417,50	-417,50
	Abonado	0		293,31		0,00	-293,31	-293,31
	Extraccion	45	409,67	3.521,43	8,60	19.664,00	16.142,57	2.763,58
	TratCargadero	45		2.447,50	5,97	0,00	-2.447,50	-419,01
	Carga Pies	45		3.208,99	7,83	0,00	-3.208,99	-549,37
							Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados)	**958,88**

Género/ especie/ procedencia	Labor/Concepto	Año	Posibilidad (t/ha)	Coste no actualizado		Ingreso	Cash-flow no actualizado	Cash-flow actualizado
				€/ha	€/t			
Pinus canariensis	Nivelado	0				0,00	0,00	0,00
	Subsolado	0		86,26		0,00	-86,26	-86,26
	Material_abono	0		39,25		0,00	-39,25	-39,25
	Material_planta	0		417,50		0,00	-417,50	-417,50
	Abonado	0		293,31		0,00	-293,31	-293,31
	Extraccion	35	109,17	833,47	7,63	5.240,00	4.406,53	1.116,68
	TratCargadero	35		652,20	5,97	0,00	-652,20	-165,28
	Carga Pies	35		855,12	7,83	0,00	-855,12	-216,70
							Análisis rentabilidad (Ingresos-Gastos actualizados)	**-101,61**

Por consiguiente, según el ejemplo expuesto el orden de rentabilidad por género/especie/procedencia, sin tener en cuenta la saca y transporte a central, ya que ambos procesos son calculados a partir de distancias extraídas del cáculo SIG, es el que se presenta a continuación:

Género/especie/procedencia
Eucalyptus spp clonal en el norte
Eucalyptus spp clonal en el centro y sur
Pinus radiata
Eucalyptus spp seminal en el norte
Pinus pinaster en el norte
Eucalyptus spp seminal en el sur y centro
Pinus halepensis
Pinus pinaster en el sur y centro
Pinus pinea
Quercus spp
Pinus sylvestris
Pinus nigra
Pinus canariensis