

ESTUDIO DE DISPONIBILIDAD DE BIOMASA EN SEIS ZONAS DE CASTILLA Y LEÓN

Rubén Garañeda Bermejo.
Dpto. Ingeniería Medioambiental. GRAFOS, I.G.D, S.A.
Paseo Arco del Ladrillo, 64. "Edificio Centro Madrid". Nº 2 / 2ª Planta. 47008- Valladolid.
E.mail: grafos@grafos.net

José L. Bengoa Martínez de Mandojana
Consejería de Medio Ambiente - Junta de Castilla y León
c/ Rigoberto Cortejoso nº 14. 47014 Valladolid
E-mail: benmarjo@jcy.es

Resumen

En este trabajo se presenta una estimación de la disponibilidad de biomasa, para su aprovechamiento energético, en seis zonas de Castilla y León. Se han estimado, no solo las existencias en pie y la producción anual de biomasa (disponibilidad potencial) de las distintas especies presentes en las zonas estudiadas, sino también la viabilidad técnica y económica de su aprovechamiento (disponibilidad real). A partir de los resultados de este estudio está previsto llevar a cabo sendas iniciativas de instalaciones para el aprovechamiento energético de la biomasa, valorándose para ello distintas alternativas como son la producción de energía, la alimentación de sistemas de calefacción o la producción de pellets. Esta última alternativa es la que cuenta con más ventajas desde el punto de vista económico si se consolida suficientemente el mercado de este producto. A día de hoy, los precios actuales de la energía eléctrica en Régimen Especial, son insuficientes para que resulte rentable la producción de electricidad a partir de biomasa forestal procedente de cortas de mejora.

Palabras clave: 3^{er} Inventario Forestal Nacional (IFN3), Patrones selvícolas, Tipos de bosque, Eficacia de recogida, Valores modulares.

INTRODUCCIÓN.

Con fecha 1 de octubre de 2002, se firmó el convenio específico de colaboración entre la Consejería de Medio Ambiente de Castilla y León, el Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN) y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía del Ministerio de Economía (IDAE), para la activación de nuevos proyectos de generación de energía con biomasa.

Dentro de este Convenio, se plantea la realización de estudios de evaluación del potencial cuantitativo y cualitativo de la biomasa forestal, con la finalidad de elaborar una propuesta de localización de dos plantas para el aprovechamiento energético de la biomasa.

Con este objetivo se seleccionaron seis zonas en las que se evaluó la disponibilidad de biomasa para su posible aprovechamiento energético. Las seis zonas elegidas se corresponden con las comarcas de El Bierzo, Omaña, Páramos de León-Palencia, Sanabria-Culebra, Benavente y Pinares de Burgos-Soria.

Estas iniciativas responden a que existe un interés creciente por el aprovechamiento energético de la biomasa debido a dos cuestiones fundamentales:

- Responder a los compromisos derivados del protocolo de Kyoto para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.
- Reducir la dependencia energética, máxime a la vista de la subida de los precios del petróleo del último año y las previsiones para los próximos años.

Las iniciativas para llegar a acuerdos internacionales sobre las emisiones de gases de efecto invernadero tienen un punto de partida en 1992 con motivo del Convenio Marco sobre Cambio Climático y una fecha clave, que es 1997, con la firma del protocolo de Kyoto en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Las iniciativas para el control de las emisiones de CO₂ en España han sido muy escasas hasta 2004, en que se aprueba la Ley 5/2004 por la que se regula el régimen de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (trasponiendo la Directiva 2003/87/CE) e iniciativas posteriores que ponen en marcha, en enero de 2005, un sistema para controlar las emisiones de CO₂ en los principales sectores industriales. Previamente, en diciembre de 1999, se aprobó el Plan de Fomento de las Energías Renovables para el periodo 2000 - 2010, recogiendo el objetivo del Libro Blanco de las energías renovables de la Comisión Europea (1997) de alcanzar, en 2010, una penetración mínima del 12% de las fuentes de energía renovables en la Unión Europea.

Si bien es cierto que en las últimas décadas han existido varias iniciativas de fomento del aprovechamiento energético de la biomasa forestal, y que éstas han tenido escaso éxito, no lo es menos que el marco actual ha cambiado notablemente, que existen unos compromisos adquiridos y que todo ello hace que los poderes públicos estén dedicando mucha más atención a estas cuestiones que en épocas pasadas.

ANÁLISIS METODOLÓGICO.

Para cada una de las comarcas se seleccionó una localidad de referencia para el cálculo de distancias y delimitación de áreas. Partiendo de estas localidades se delimitó el área de abastecimiento, distinguiendo dos alternativas que se han denominado “Área Principal”, que comprende un radio cercano a los 35 km y “Área Ampliada” que incluye el área principal) abarca todos los términos municipales con las principales masas forestales del entorno en un radio de 50-80 km (Figura 1). El estudio está planteado de forma que el área principal sea el suministrador preferente de la biomasa y el resto del área ampliada contenga masas forestales que sirvan de colchón para solucionar problemas de suministro dentro del área principal.

Una vez delimitadas las zonas de estudio se elaboró una cartografía de usos de suelo, en la que se detallaron los distintos tipos de bosque y grupos de matorral, a partir del 3º Mapa Forestal de España (MFE-3). La cartografía obtenida refleja dos aspectos que se consideran fundamentales de cara al proceso de cuantificación de la biomasa; la estructura de las formaciones forestales existentes en cada zona y la identificación de las especies principales que componen estas estructuras.

Obtenida la caracterización de cada una de las teselas del MFE-3 e identificadas las especies presentes en ellas, se ha procedido a agruparlas en las formaciones boscosas más significativas de cada zona, formando tipos de bosque. Se ha considerado superficie arbolada la ocupada por especies arbóreas, independientemente de su talla, con una cobertura de dichas especies superior al 5%. Esta superficie se ha dividido en tres clases de coberturas (5-40%; 40-70%; 70-100%), siendo las clases 40-70% y 70-100% las que se pueden asimilar al término de bosque (estas superficies son las que van a ser consideradas para la estimación de la disponibilidad de biomasa).

De los tipos de bosque existentes en cada zona, el análisis y estimación de biomasa se va a centrar en las especies de los géneros *Pinus*, *Fagus*, *Quercus* y *Populus sp.*, por ser en éstas, donde se van a concentrar la mayor parte de las actuaciones selvícolas. Debido a que no toda la superficie arbolada resulta ser viable para el aprovechamiento de la biomasa, se han filtrado estas superficies siguiendo los criterios que se enuncian:

- Se descartan del mosaico de teselas del MFE-3, aquellas cuya fracción de cabida cubierta (FCC) sea inferior al 40%. Se trata de zonas abiertas en las que no se realizan claras ni clareos y las posibles intervenciones que se producirán en estas masas generarán restos muy dispersos, cuya recogida supone unos costes muy altos.
- La información dasométrica del IFN-3 también ha permitido filtrar áreas de baja densidad que, aunque globalmente presentan una FCC suficiente (MFE-3), los datos puntuales del IFN-3 indican que no deben ser objeto de extracción de biomasa por baja área basimétrica. De esta forma, la superficie obtenida a partir del MFE-3 se ha reducido en función de las parcelas que presentan una densidad adecuada.

Las parcelas del IFN-3 se han tratado de forma separada según la fase de desarrollo que presenten (clasificadas en función de su diámetro medio cuadrático en monte bravo, latizal bajo, latizal alto y fustal), calculando así las variables dendrométricas características (VCC/VSC/IAVC) para el conjunto de parcelas con la misma fase de desarrollo dentro de cada tipo de bosque. De esta manera, se analizan bloques más homogéneos, dada la variabilidad de las poblaciones forestales. Las parcelas en las cuales el área basimétrica total sea mayor en los pies menores que en los pies mayores, se asignan a la fase de monte bravo. En las demás (latizales y fustales) el diámetro medio cuadrático de los pies mayores determina la fase de desarrollo de la parcela. La estimación de la superficie ocupada por cada fase de desarrollo se obtiene a partir de la superficie total ocupada por cada tipo de bosque, repartida por proporcionalidad con el número de parcelas de cada fase de desarrollo.

Se establece, como criterio general, en las masas de los géneros *Quercus* y *Juniperus*, que las intervenciones selvícolas producidas en los estados de *Monte Bravo*, *Latizal Bajo* y *Latizal Alto*, en su mayoría podas, clareos y claras no autofinanciables, la totalidad de los productos obtenidos se destinarán a la producción energética en forma de biomasa. En el resto de las masas (*Pinus sp.*, *Fagus sp.*), las fases de *Monte Bravo* y *Latizal Bajo*, son las que generarán productos no aprovechables para madera, pudiendo destinarse a biomasa (labores culturales). En el resto de las fases de desarrollo (*Latizal Alto*, *Fustal*) la producción de biomasa procederá de los restos de los aprovechamientos autofinanciables.

Las estimaciones de biomasa han sido obtenidas a partir de valores modulares elaborados en el estudio llevado a cabo en el Centro de Investigación Forestal del INIA con la colaboración de la empresa pública EGMASA de la Junta de Andalucía, y la Dirección General para la Biodiversidad de Ministerio de Medio Ambiente (MONTERO et. al, 2004) sobre la Producción de Biomasa y Fijación de CO₂ por las Principales Especies Forestales Españolas. De esta manera se obtienen las existencias en pie en tm/ha. También se han estimado volúmenes en pie (m³/ha) a partir de los datos aportados por el IFN-3, utilizando para ello la aplicación informática BASIFOR 2.0 (herramienta para el manejo de las bases de datos del IFN-2 e IFN-3) que nos permite aplicar un conjunto de filtros a través de distintas variables de masa y de localización y obtener los resultados procesados para la selección de las parcelas requeridas.

Para cada tipo de bosque, se ha elaborado una propuesta de gestión determinando las actuaciones selvícolas que deben realizarse en cada fase de desarrollo. Se ha determinado para cada una de las intervenciones selvícolas un peso de corta, es decir, el porcentaje de las existencias en pie extraídas en los clareos, claras y cortas de regeneración. Estos pesos se aplican a los valores medios por hectárea de biomasa (tm/ha) o madera (m³/ha) en función de su fase de desarrollo y del tipo de aprovechamiento principal obtenido de la actuación selvícola: biomasa en claras y clareos de masas en estado de monte bravo y latizal bajo y madera en claras autofinanciables y cortas de regeneración.

De esta manera, en las fases de desarrollo en las que la intervención selvícola no produce aprovechamiento

maderable, el peso de corta se refiere a biomasa potencial extraída (tm/ha de peso seco en estufa). En aquellas intervenciones con aprovechamiento maderable (autofinanciables), el peso de corta, se refiere a volumen extraído. En estas intervenciones se han calculado los restos de corta producidos que quedan esparcidos en el monte. En la *Tabla 1* se muestra la “tabla tipo” utilizada para el cálculo de los restos de biomasa obtenidos para cada tipo de bosque en cada una de las zonas de estudio.

Una vez estimados los valores de biomasa extraídos en cada una de las intervenciones selvícolas (biomasa potencial), se ha determinado la biomasa que realmente llega a ser aprovechada (biomasa aprovechable) puesto que del total de la biomasa generada, no se aprovecha el 100 %, entre otras cosas porque es muy difícil y costoso recoger totalmente las fracciones más pequeñas (hojas y ramillas) y porque la pendiente puede dificultar el acceso y transporte de la biomasa. Para ello se han utilizado porcentajes de eficacia de recogida según el intervalo de pendiente en el que se encuentre la biomasa a extraer. En general, un 80 % de eficacia en el intervalo de pendientes 0-10 %, 70 % de eficacia en el intervalo (10-30 %), un 20 % de eficacia en el intervalo (30-50 %) y una eficacia de recogida nula en superficies con pendientes superiores al 50 % (la recogida de biomasa en estas zonas se considera inviable desde el punto de vista técnico-económico).

Los parámetros dasométricos determinados para la elaboración de la *Tabla 1* (existencias en pie) se han calculado con los datos de las parcelas del *IFN-3* localizadas en el “área ampliada” con objeto de disponer de un número suficiente de parcelas para cada fase de desarrollo de cada tipo de bosque. Los resultados se aplican tanto al “área principal” como a la “ampliada”.

Una vez calculadas las existencias aprovechables en cada zona, se ha realizado un análisis de los costes de aprovechamiento, extracción y transporte de la biomasa a la central para su aprovechamiento energético, basándonos en el *Estudio sobre la utilización de biomasa con fines energéticos; análisis metodológico sobre abastecimiento y costes elaborado por JESÚS ÁLVAREZ, 2004* para la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León. La evaluación de los costes del aprovechamiento de la biomasa procedente de la superficie arbolada va a depender en gran medida de la topografía del terreno, la cantidad de biomasa extraída por intervención selvícola y el sistema de aprovechamiento forestal utilizado para la explotación maderable. En nuestro estudio, para la evaluación de costes se ha considerado en todos los casos el sistema de madera corta (por ser el más frecuentemente utilizado en nuestra comunidad) diferenciándose dos procedimientos en función de los medios aplicados;

Apeo manual; Apeo, desrame y despunte manuales en el monte a pie de tocón. La biomasa queda dispersa en todo el área de corta.

Apeo mecanizado; Apeo manual más procesadora o cortadora-apiladora más procesadora o cosechadora. La biomasa queda más reunida en las zonas de procesado.

Se ha considerado un reparto equitativo de las explotaciones que utilizan unos medios u otros (manuales o mecanizados) calculándose costes por las dos vías y obteniendo un coste final que será la media de los dos métodos utilizados.

Igualmente se ha considerado diferenciar dos parámetros por cada uno de los tipos de bosque considerados. Origen de la biomasa (Clareos, Claras, Cortas de regeneración) y Tipo de pendiente (0-10%;10-30%;30-50%;>50%) aplicando costes de apilado, saca y transporte a la central para cada registro de la intersección de estos parámetros.

En el estudio de viabilidad económica de cualquier proyecto es necesario realizar el análisis económico de todos y cada uno de los elementos que lo integran, tanto desde la individualidad de cada elemento, como desde lo que representa en el conjunto del proyecto. El principal elemento de la infraestructura de un monte es, sin duda, la red viaria, elemento fundamental en un proyecto de puesta en producción de los recursos forestales de una zona.

Por ello se ha estimado la densidad actual de la infraestructura viaria en cada zona y comparado este dato, con la densidad que se considera objetivo según el Plan Forestal, determinando la repercusión en el coste total del aprovechamiento de la biomasa, mediante un muestreo de las superficies arboladas susceptibles de aprovechamiento de biomasa (pte<50%).

Dado la heterogeneidad de la muestra y puesto que la densidad viaria va a depender fundamentalmente de la periodicidad de los aprovechamientos que se den en las especies forestales, se ha considerado interesante estratificar la muestra con el fin reducir el coeficiente de variación. El primer estrato, esta formado por las masas en las cuales se produce aprovechamiento más o menos continuado de madera y que por tanto supondrá la existencia de una infraestructura viaria ya definida para dar cobertura a estos aprovechamientos madereros. (Coníferas productoras *Pinus sp* y choperas de producción). El segundo estrato esta formado por masas protectoras (*Fagus sp*) y especies del genero *Quercus* y *Juniperus sp*. donde los cambios de uso y costumbre han hecho que se abandone su aprovechamiento y si los hubiera, éstos son de menor intensidad y por tanto la infraestructura viaria existente será de menor cuantía.

Se ha considerado como malla de muestreo la retícula cartográfica 1/10.000, siendo el tamaño de la parcela, la hoja 1/10.000 de la cartografía de Castilla y León. Dicha malla se ha superpuesto sobre la superficie arbolada susceptible de aprovechamiento en cada una de las zonas estudiadas (pte < 50 %). La intensidad de muestreo varia entre las 37 parcelas en Omaña a 40 en Sanabria-Culebra.

Mediante un proceso en GIS y partiendo de la cartografía 1/10.000 de cada una de las zonas (formato *.bcn) se ha estimado la densidad viaria de cada una de las superficies arboladas que caían dentro de las parcelas de muestreo.

RESULTADOS

Los principales resultados obtenidos tras el análisis y procesado de la información aportada por el IFN-3 se muestran en la *Tabla 2*.

Centrándonos en el área principal (definido como suministrador preferente a la central) las zonas con mayor potencial en biomasa para su aprovechamiento energético son las comarcas de Pinares Burgos-Soria y de Páramos, con un potencial de 32.538 y 26.800 tm/año respectivamente y un coste medio de la biomasa puesta en central de 39,78 y 42,74 €/tm respectivamente *Tabla 3*.

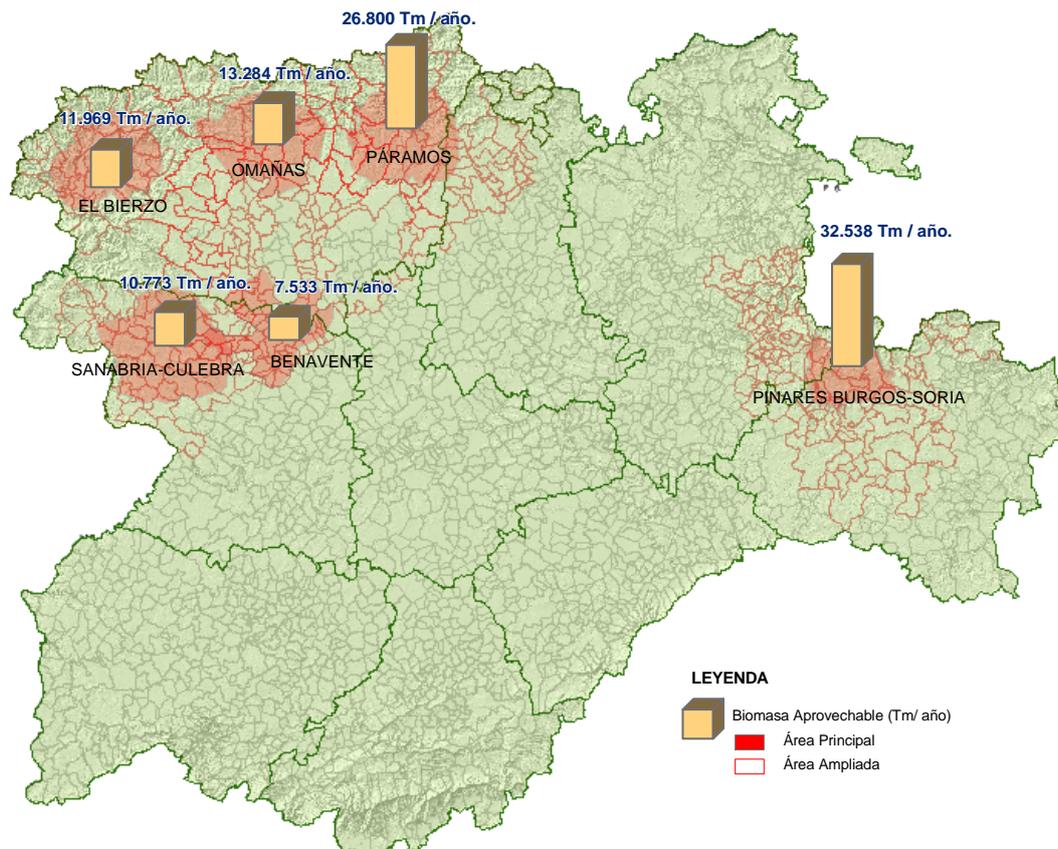
A estos costes se sumarian los costes que se generan como consecuencia del mantenimiento y ampliación de la infraestructura viaria a la red objetivo que determina el Plan Forestal de Castilla y León para masas productoras con una gestión intensiva que es de 40 m.l /ha. (*Tabla 4*). La repercusión en el coste de biomasa puesta en central sería de 5,3 €/tm en la comarca de Pinares Burgos-Soria, con una densidad viaria muy por debajo de la considerada en el Plan Forestal, (24 m.l/ha) y de 1,4 €/tm para la comarca de Páramos que presenta una densidad viaria más cercana a la considerada objetivo (35 m.l/ha).

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ ALONSO, J., 2004: Estudio sobre la utilización de la biomasa con fines energéticos: Análisis metodológico sobre abastecimiento y costes. (Junta de Castilla y León, ed).

MONTERO, G; MUÑOZ, M; RUIZ-PEINADO, R; VALLEJO, R; SAIZ, JL.2004, Producción de biomasa y fijación de Co2 por los bosques españoles. Servicio de publicaciones del INIA (en proceso de edición).

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE. 2003. Plan Forestal de Castilla y León.



Figura

I.-Delimitación de las zonas de estudio. — Términos municipales estudiados en el área ampliada de cada zona en un radio de 50-80 km., alrededor de la localidad de origen propuesta; ® Área principal de estudio en cada zona.

Tabla 1.- Estimación de los restos de biomasa generados en las actuaciones selvícolas en los bosques de *Pinus sylvestris* localizados en la comarca de Pinares Soria-Burgos.

	CORTAS DE MEJORA			CORTAS DE REGENERACIÓN	
	SIN APROVECHAMIENTO DE MADERA			CON APROVECHAMIENTO DE MADERA	
	Monte Bravo	Latizal Bajo	Latizal Alto	Fustal	
Duración	15	15	20	65	10
Nº Intervenciones	1	1	1	2	2
Existencias en pie					
Volumen de Fuste (m ³ / ha)	20,96	130,45	273,58	318,91	318,91
Biomasa aérea Total (Tm / ha, P.S.)	52,70	97,67	138,31	182,76	182,76
Extracciones					
Aprovechamiento Principal	1 x 25 %	1 x 25 %	1 x 25 %	2 x 25 %	80 + 10 %
Volumen de Fuste (m ³ / ha)	-	-	68,40	159,46	318,91
Biomasa (tm / ha, peso seco)	13,17	24,42	-	-	-
Restos de Corta					
Coficiente (tm / m ³)	-	-	0,16	0,16	0,16
Biomasa Potencial (tm /ha, P.S.)	13,17	24,42	10,62	24,77	51,03
Eficacia de Recogida	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Biomasa aprovechable (tm/ha, P.S.)	7,90	14,65	6,37	14,86	30,62
Volumen Total de Fuste					
En área Principal (m ³ / año)			64.331	34.243	68.486
En área Ampliada (m ³ / año)			141.007	75.057	150.114
Biomasa Total Aprovechable					
En área Principal (tm / año)	365	8.726	5.995	3.191	6.575
En área Ampliada (tm / año)	799	19.126	13.141	6.995	14.411
Área Principal					
Superf. Fase de desarrollo (ha)	692	8.934	18.811		16.106
Superf. intervenida (ha/año)	46	596	941	215	215
Área Ampliada					
Superf. Fase de desarrollo (ha)	1.517	19.582	41.233		35.303
Superf. intervenida (ha/año)	101	1.305	2.062	471	471

Tabla2.- Principales resultados obtenidos en el estudio. Existencias aprovechables totales en cada una de las áreas en estudio.

ZONAS	Área Principal		Área Ampliada	
	Biomasa Aprov. (Tm/año)	Madera (m ³ /año)	Biomasa Aprov. (Tm/año)	Madera (m ³ /año)
Bierzo	11.969	85.314	26.612	130.772
Omaña	13.284	35.752	36.892	106.406
Páramos	26.800	63.751	72.186	200.077
Sanabria-Culebra	10.773	25.462	24.693	59.703
Benavente	7.533	126.122	38.955	392.703
Pinares Burgos-Soria	32.538	210.936	131.659	675.072

Tabla 3.- Coste medio del aprovechamiento de la biomasa puesta en central. El coste incluye los costes de aprovechamiento, extracción y transporte de la biomasa a la central.

ZONA	ÁREA	COSTE MEDIO CENTRAL (€/Tm)
Bierzo	Principal	41,29
	Ampliada	48,11
Omaña	Principal	42,97
	Ampliada	44,54
Páramos	Principal	42,74
	Ampliada	43,49
Sanabria-Culebra	Principal	47,16
	Ampliada	47,61
Benavente	Principal	23,40
	Ampliada	35,43
Pinares Burgos-Soria	Principal	39,78
	Ampliada	43,68

Tabla 4.- Resultados obtenidos del análisis de la densidad viaria por muestreo y repercusión de la adecuación de esta a la densidad objetivo establecida en el Plan Forestal de Castilla y León en masas productoras de gestión intensiva.

Zonas	Densidad Media m.l./ha	Densidad Objetivo m.l./ha	Porcentajes objetivo de distribución de pistas	Distribución pistas m.l./ha	Repercusión coste ejecución material €/ha	Repercusión costo de la aumento de la densidad viaria €/Tm
Bierzo	35	40	20/30/50	1 L1/1,5 L2/2,5 L3	43,19	1,3
Omaña	24	40	20/30/50	3,2 L1/ 4,8 L2 / 8 L3	138,208	5,1
Páramos	35	40	20/30/50	1 L1/1,5 L2/2,5 L3	43,19	1,4
Sanabria	33	40	20/30/50	1,4 L1/ 2,1 L2 / 3,5 L3	60,466	2,3
Benavente	36	40	20/30/50	1 L1/ 1 L2 / 2 L3	38,91	1,9
Pinares	24	40	20/30/50	3,2 L1/ 4,8 L2 / 8 L3	138,208	5,3