

Evaluación, planificación, y viabilidad económica de la explotación de los recursos de biomasa forestal de la zona noroccidental de Aragón

*Paula Martín Gómez
Ingeniero Técnico Forestal
e Ingeniero de Montes*

La preocupación ante los temas ambientales está viéndose incrementada de forma relevante, especialmente por la contaminación ambiental (sobre todo por los gases que producen efecto invernadero) en los procesos de producción de energía con combustibles fósiles. En este sentido, España mantiene desde hace lustros un notorio crecimiento del consumo de energía y una excesiva dependencia energética exterior, cercana al 80 por ciento en los últimos años. Estas razones evidencian la necesidad de buscar fuentes de energía limpias y el planteamiento de fórmulas eficaces para el uso eficiente de la energía que aseguren un desarrollo sostenible y que preserven el medioambiente.

Entre estas fuentes de energía se encuentra la biomasa forestal, que además de ser una posible sustituta de otras fuentes de energía contaminantes y no renovables -como el carbón o el petróleo- podría suponer una mejora para nuestros montes, cada día más abandonados, a través de la ordenación de los combustibles forestales, la realización de tratamientos selvícolas adecuados y el

ingreso de recursos económicos. Así, aunar los objetivos de ejecutar una gestión forestal sostenible, de valorizar un espacio y de prevenir incendios forestales determinó la realización de este estudio. El área de estudio considerada es una superficie forestal de 136.378,36 hectáreas que forma parte de las comarcas de Jacetania, Cinco Villas y Hoya de Huesca, ubicadas en el noroeste de la Comunidad Autónoma y caracteriza-

das por su elevada superficie forestal y su gran importancia ecológica. La superficie forestal se distribuye por numerosos montes de utilidad pública, consorcios y convenios de repoblación. Estos últimos no han sido objeto de tratamiento desde su plantación, por lo que presentan densidades excesivas. El área de estudio se halla cerca de centros de transformación (Sangüesa, en Navarra) y sufre reiterados y graves incendios forestales.

2. OBJETIVOS

El objetivo general que se plantea en el presente trabajo es el desarrollo de una metodología para la evaluación de la disponibilidad de recursos de biomasa a partir de información recogida del Inventario Forestal Nacional, su aplicación concreta en la zona citada en el punto anterior y el estudio de la viabilidad económica de la extracción de la biomasa de estos montes con fines energéticos, mediante tratamientos selvícolas adecuados.

Igualmente, se pretende establecer una zonificación del territorio y sus recursos, en virtud de valores productivos, ecológicos y selvícolas, que permita planificar las actuaciones selvícolas prioritarias y compatibles con los factores restrictivos derivados de una gestión forestal sostenible y de los condicionantes impuestos por las políticas ambientales y de protección de la biodiversidad.

Por último, se busca analizar y optimizar la red viaria de manera que permita la viabilidad económica del aprovechamiento y la explotación de este recurso.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología planteada para la determinación de la biomasa forestal disponible para su aprovechamiento energético en la zona noroeste de Aragón y su evaluación económica está basada en el análisis mediante herramientas de SIG (Sistema de Información Geográfica ArcGIS 9.2 y Spatial Analyst de ESRI), que permiten el análisis de datos con una ubicación geográfica conocida (datos georreferenciados). El procedimiento ha consistido en la superposición de múltiples capas con información cartográfica y alfanumérica, para posteriormente, mediante procesos de cálculo, establecer teselas homogéneas en cuanto a diferentes patrones ecológicos,

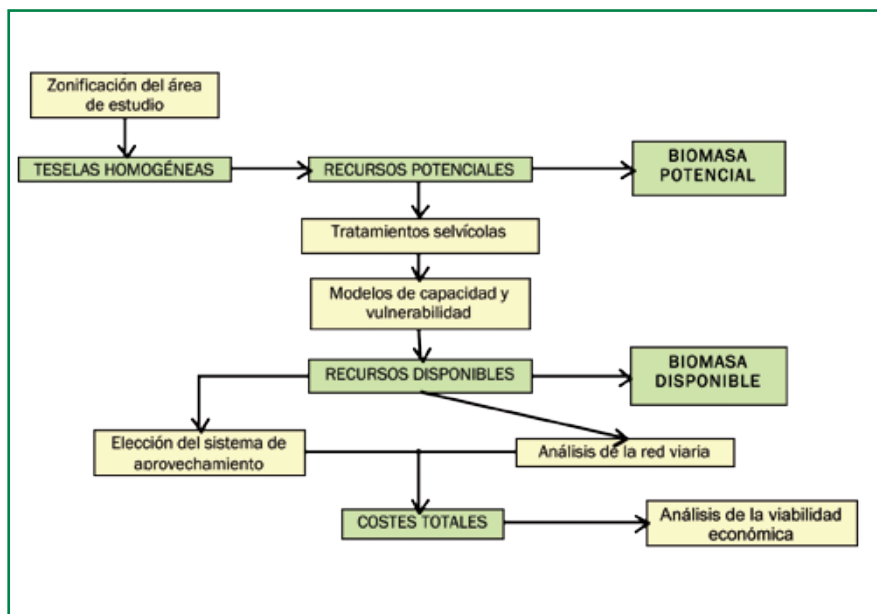


Figura 1. Esquema de la metodología diseñada para el estudio

gicos, dasométricos y selvícolas, para obtener finalmente la biomasa disponible y una cartografía asociada. Dichos procesos podrían resumirse en la figura que se muestra a continuación.

En primer lugar, se ha procedido a la determinación de teselas o recintos homogéneos del Mapa Forestal Nacional, y al cálculo para todas ellas de los recursos potenciales existentes a partir de datos de las parcelas del Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3). Posteriormente, se ha filtrado dicha información proponiendo unos tratamientos selvícolas y unos modelos de capacidad y vulnerabilidad para obtener, de esta forma, información de los recursos que realmente son aprovechables desde el punto de vista de la gestión forestal sostenible. Finalmente, se han calculado, para un sistema de aprovechamiento general diseñado según las condiciones del medio, los costes aproximados del aprovechamiento de la biomasa y de su transporte hasta la central (Sangüesa), además del coste de la construcción y reparación de las pistas forestales necesarias para llevar a cabo las actuaciones de saca de la madera. De este modo, comparando estos resultados de costes con los ingresos obtenidos por la venta a la central de los productos extraídos, se ha realizado un análisis de la viabilidad económica del aprovechamiento energético de la biomasa en la zona.

Seguidamente se explican de un modo más detallado los procedimientos

seguidos en cada fase del proceso anterior:

3.1. División en rodales de la zona de estudio y cálculo de existencias

La primera fase del estudio consistió en la división o zonificación del área de estudio, determinando teselas homogéneas en cuanto a su composición según especies, grado de ocupación de las mismas, estado de desarrollo de la especie principal (clases naturales de edad) y exposición. Se consideró en estos primeros trabajos de división la simplificación de las masas forestales, reduciéndolas a las formadas por *Pinus sylvestris*, *Pinus halepensis*, *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, *Quercus faginea*, *Quercus ilex* y *Quercus humilis* (*Q. pubescens*) tanto en el caso de masa puras como sus mezclas.

La segunda parte de la fase de la división consistió en asociar a la cartografía obtenida en la fase anterior, la derivada de la elaboración de los datos de las parcelas del Tercer Inventario Forestal, determinando así, para cada tesela, los valores medios de número de pies, de área basimétrica y de volúmenes de biomasa forestal.

3.2. Tratamientos selvícolas y directrices de gestión

Una vez procesados los valores de referencia del IFN3 por teselas se procedió a la determinación del tratamiento adecuado para cada una de ellas, con el triple objetivo de sostenibilidad,

mejora del estado de las masas y máximo rendimiento en biomasa, en función de su densidad, área basimétrica y volumen. Para sintetizar, se establecen cinco posibilidades de actuación: ausencia de tratamientos, tratamientos de conversión a monte alto, tratamientos culturales sobre masas mixtas, tratamientos culturales sobre masas monoespecíficas y tratamiento de cortas de regeneración.

3.3. Modelos de capacidad y vulnerabilidad. Biomasa disponible

Para acercar los tratamientos selvícolas propuestos -según variables fisiográficas y dasométricas de inventario- a la realidad del medio natural en la que se desarrollarían, y con el fin de conseguir un desarrollo forestal sostenible, se plantean dos enfoques diferentes, que conjuntamente permiten establecer el diagnóstico y la toma de decisiones teniendo en cuenta más variables, como son la erosión del suelo, la presencia de figuras de protección ambiental, las especies catalogadas, la combustibilidad, etc.

Por una parte, se ha diseñado un **modelo de capacidad** para cuantificar la potencialidad del territorio para sostener las actividades de extracción de biomasa. Se han tenido en cuenta variables como propiedad, vegetación, combustibilidad y orientación, que han sido ponderadas en función de los valores asignados a cada variable y según la importancia relativa de cada una de las variables respecto a las demás. Así, mediante procedimientos de cálculo de mapas a través de la superposición de coberturas ráster de cuadrícula de 20 por 20 metros de cada una de las variables y su ponderación se obtiene una valoración global que indica la potencialidad de cada zona para el desarrollo de la actividad propuesta, definiendo así las zonas con capacidad o prioridad altas media o baja para la extracción de biomasa.

El **modelo de vulnerabilidad** define la susceptibilidad de los recursos para modificarse ante unos factores determinados. Teniendo en cuenta que el principal objeto de estudio es la extracción de biomasa y la gestión del

combustible forestal, en el análisis se han tenido en cuenta las variables pendiente, existencia de figuras de protección (ZEPA, LIC o Área Crítica de Quebrantahuesos) y erosión. De la misma forma que para el modelo de capacidad, se efectúa una ponderación y un cálculo de mapas para definir aquellas zonas donde por estos motivos la extracción de biomasa debe verse restringida.

Finalmente, sometiendo los tratamientos selvícolas establecidos a ciertas restricciones según estos modelos, se han obtenido valores de la cantidad de recursos que podrían extraerse del monte cumpliendo el doble objetivo de gestión sostenible y mejora del estado de las masas, y teniendo en cuenta además las restricciones legales y las debidas a características fisiográficas del terreno u a otras causas existentes en la zona, es decir, la **biomasa disponible**.

Para la conversión de estos valores basados en la información del IFN3 a datos relativos a producción de biomasa se emplearon tablas de valores modulares, que para cada especie

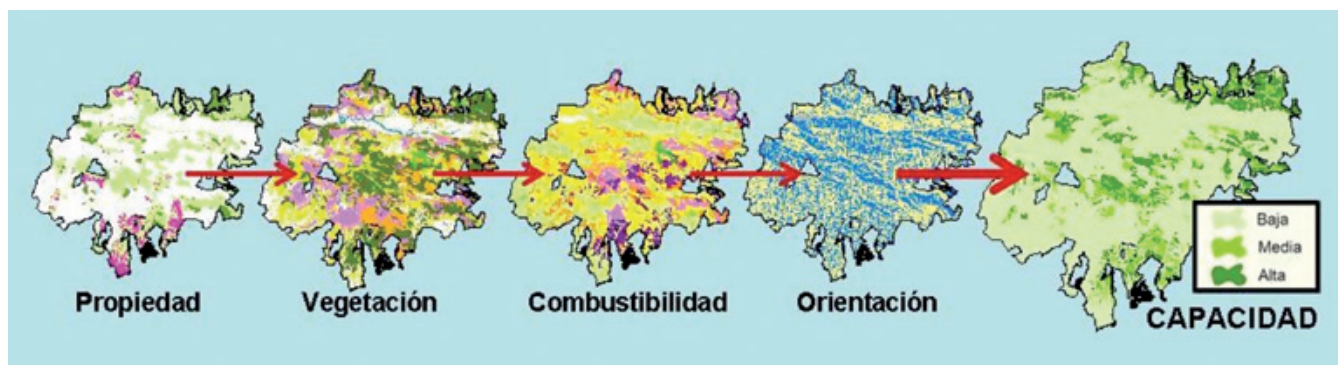


Figura 2. Constitución del modelo de capacidad

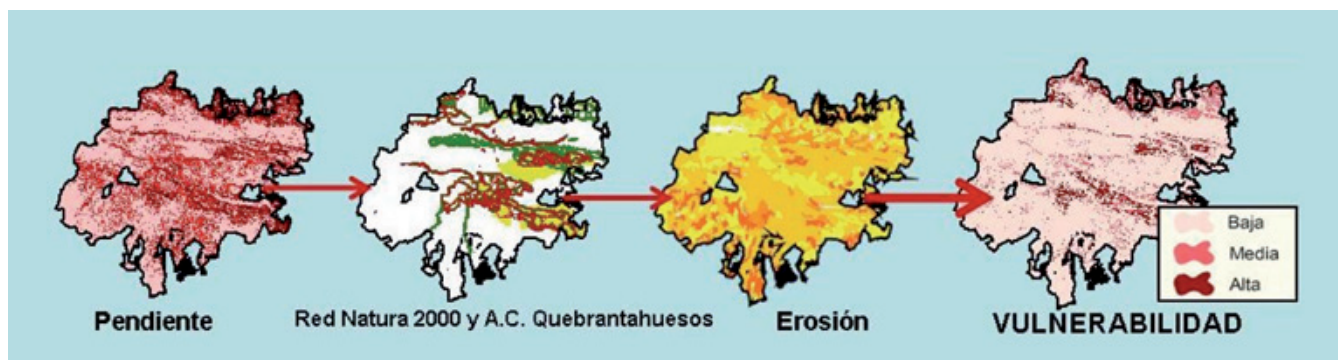


Figura 3. Constitución del modelo de vulnerabilidad

y comunidad autónoma relacionan el peso seco del árbol con el diámetro normal, y funciones de regresión, que se recogen en MONTERO & al. (2005).

3.4. Elección del sistema de aprovechamiento

Para el análisis de la red viaria y el cálculo de los costes del aprovechamiento, en primer lugar es necesario el diseño del sistema de aprovechamiento. Se ha optado por uno extensible a todo el territorio, debido a que la gran extensión de la superficie potencial a explotar (85.500 ha, aproximadamente) hace muy compleja la propuesta concreta de un sistema de aprovechamiento, con maquinaria de apeo, arrastre, desembosque y transporte para cada combinación de condiciones del medio. Esta simplificación queda justificada por la escala del estudio, a nivel de planificación y valoración de la viabilidad. Significará, por tanto, que en la práctica será necesario un replanteamiento de los sistemas propuestos y su adecuación a las características particulares que presente cada monte.

Los resultados referentes a la densidad de vías existente, pendiente de las teselas, densidad y dimensiones del arbolado han llevado a la elección del método de extracción de árboles completos mediante apeo manual con motosierra, empleo de procesador en los casos en que resulte necesario por presentar los fustes grandes diámetros, reunión con tracción animal (mulas) o *skidder*, densificación a través del empacado para obtener finalmente pacas o balas y tronquillo, que serán transportados por separado a la central en camión de gran capacidad.

3.5. Análisis de la red viaria actual y densidad óptima de la red de pistas forestales para el aprovechamiento

Para el análisis de la densidad de caminos forestales existente en la actualidad se ha llevado a cabo un estudio cartográfico mediante el programa informático Arc Gis utilizando como base la cobertura digital de caminos forestales de Aragón. Se ha calculado la densidad de vías en los montes objeto de aprovechamiento y en un área de 500 m a su alrededor, suponiendo que aunque estas vías no pertenezcan estrictamente a los montes que van a ser aprovechados, debido a su cercanía a los mismos podrían ser utilizadas en los procesos de arrastre, desembosque y transporte. El cálculo se ha hecho para cada tesela definiendo diferenciando entre las vías que permiten la entrada de camiones y, por tanto, de cualquier otro tipo de maquinaria forestal de apeo, procesado, desembosque o transporte, y aquellas en la que no es posible este acceso.

El cálculo de la densidad óptima de vías forestales en la zona de estudio para su aprovechamiento para biomasa se ha realizado a través del modelo de Von Segebaden (1964) adaptado por Klemencic (1970) (en TOLOSANA & al., 2004). Este modelo se basa en la hipótesis de que el espaciamiento óptimo y, por tanto, la densidad óptima de pistas forestales, se producen cuando se hacen mínimos los costos conjuntos de construcción de caminos y de transporte. El modelo pretende así reducir al máximo el coste conjunto de la saca (que sube mucho si existen grandes distancias de desembosque) y de la construcción y mantenimiento de las propias pistas.

Estos valores ofrecen un valor aproximado de la densidad de vías que optimiza los costes del aprovechamiento de biomasa en la zona, según el sistema propuesto. El porcentaje de ellas por las que podrán circular camiones y maquinaria forestal de considerables dimensiones se ha calculado según los valores que se proponen en TOLOSANA & al., (2004), quienes los adaptan de Sunberg & al. (1989), para un relieve muy abrupto como el existente en la mayoría de los montes objeto de aprovechamiento y el que se ha supuesto para el cálculo de la densidad óptima.

3.5 Cálculo de costes

Los costes totales se han calculado como la suma de los costes del aprovechamiento, del transporte hasta la central de biomasa de Sangüesa y de la construcción o mejora de las vías necesarias.

Los costes del aprovechamiento se han calculado a partir de ecuaciones de rendimientos empleadas por la Dirección General de Gestión Forestal del Gobierno de Aragón, comprobadas y ajustadas para el sistema de aprovechamiento diseñado y para las condiciones del medio existentes mediante la consulta de bibliografía y datos de experiencias prácticas realizadas principalmente en el término municipal de Bailo (Huesca). Estas ecuaciones, que incluyen los costes del apeo, reunión con mulos o *skidder*, desembosque con *skidder*, procesado y empacado en pista o arrastradero, son funciones lineales que muestran el coste por tonelada de materia seca en función de determinados parámetros principales, como puede observarse en la siguiente tabla:

Tabla 1. Ecuaciones para el cálculo de los costes del aprovechamiento

Operaciones	Ecuación	Parámetros
Apeo	$y = 0,0009 * x^2 - 0,0059 * x + 2,3462$	y: coste en €/t ms x: pendiente media en porcentaje
Reunión	$y = 0,0772 * x + 5,1108$	y: coste en €/t ms x: pendiente media en porcentaje
Desembosque	$y = 7,3563 * e^{-0,021 * x}$	y: coste en €/t ms x: pendiente media en porcentaje
Procesado	$y = 16,485 * e^{-0,0253 * x}$	y: coste en €/t ms x: m ³ /ha de materia seca que se procesa.
Empacado	$y = -2,5148 * \ln(x) + 21,539$	y: coste en €/t ms x: m ³ /ha de materia seca que se empaca

Se ha sumado el coste de procesado en aquellas teselas cuyo diámetro medio es superior a 14 centímetros. En estos casos se hace imprescindible el procesado para transportar por separado del tronquillo y el resto de las partes.

El **coste del transporte** desde la pista donde se sitúe la empacadora hasta la central de biomasa emplazada en Sangüesa (Navarra) se ha calculado como la suma de los desplazamientos del camión, tanto ida como vuelta, y de los costes de la carga y descarga, para expresarlo finalmente en €/t ms (materia seca) para cada tesela. De esta forma, se ha calculado la distancia de cada tesela hasta el núcleo de población más cercano mediante el empleo de SIG, y desde éstos hasta la central de Sangüesa utilizando la aplicación informática de REPSOL (2007). El coste de transporte por kilómetro recorrido para el camión escogido para el aprovechamiento, un todoterreno de tres ejes con una capacidad de carga de 26 t -obtenido del Prontuario Forestal (VV.AA., 2005)- es de 0,72 €/km. Los costes de carga y descarga de camión se han obtenido del Cuadro de Precios de la Actividad Forestal (VV.AA., 2004): 2,00 €/estéreo; se ha tenido en cuenta una densidad media aproximada de pacas y tronquillo de 0,5 t/m³ y un coeficiente de estéreo de 0,6.

Una vez determinada la densidad de pistas forestales necesaria para llevar a cabo el aprovechamiento de la

biomasa, para el cálculo **de los costes de construcción y reparación de las vías forestales** se han consultado los precios disponibles en el Cuadro de Precios de la Actividad Forestal (VV.AA., 2004) adoptando un coste de 2,40 €/m para la construcción de los caminos que permiten la entrada de camiones, 1,60 €/m para el resto de caminos y 0,51 €/m para la reparación de vías.

Finalmente, de la comparación entre los gastos totales para la extracción de los productos con los beneficios que se obtendrían de la venta de la biomasa empacada en la central de Sangüesa (cuyo precio de compra es de 62 €/t ms), se determinaron las teselas en las que la realización de actuaciones selvícolas se autofinanciaba con el valor de la biomasa o incluso producía beneficios, y aquellas en las que la intervención de las administraciones públicas sería necesaria si se quisieran llevar a cabo trabajos de este tipo.

4. RESULTADOS

Se ha dividido el área de estudio en 61 estratos homogéneos o teselas subdivididas a su vez en áreas en solana y umbría.

Para cada tesela se han calculado los recursos existentes (**recursos potenciales**) y los recursos que podrían extraerse para la industria energética, a través de buenas prácticas selvícolas adecuadas a la situación fisiográfica, legal y de protección de la zona (**recursos disponibles**) expresados en número de pies, área basimétrica, volumen y toneladas de materia seca de biomasa.

La tabla que se muestra a continuación resume estos resultados para la superficie total estudiada (85.474,86 ha):

Las existencias calculadas se pueden traducir en una **PMA** (Producción Media Anual) promedio de **1,81 t ms/ha año** para aquellas teselas en las que se extrae biomasa. Este valor, contrastado con otras experiencias encontradas en la bibliografía consultada, indica una producción elevada, determinada por las excelentes condiciones biogeográficas de la zona de estudio y por el filtro que han supuesto los modelos de capacidad y vulnerabilidad a los tratamientos selvícolas propuestos.

La **energía** proveniente de la biomasa forestal obtenida, considerando un poder calorífico de 19,30 MJ/kg en base seca, sería de **1.797.318,65 GJ/año**, lo que equivale a **499.255.180,56 KWh/año**.

En el estudio de la **red viaria** se han calculado cifras relativas a la densidad de pistas totales y de pistas que permiten la entrada de camiones y maquinaria pesada, expresada en metros por hectárea. En la tabla que sigue se muestran los valores actuales y óptimos para la realización de las actuaciones planteadas. En la mayor parte de los casos existe una deficiencia en la red viaria, por lo que se ha incluido también la tabla la cantidad de pistas que sería necesario construir y mejorar.

Tabla 2. Resultados relativos a la biomasa potencial y disponible

	Número de pies	Área Basimétrica (m ²)	Volumen con Corteza (m ³)	Toneladas de materia seca (t ms)
Recursos potenciales	70.920.932	1.433.858	5.962.617	7.017.059
Recursos disponibles	14.938.563	214.383	901.472	1.862.506

Tabla 3. Resultados relativos a la red viaria

	Actual (m/ha)	Óptima (m/ha)	Construir (m/ha)	Mejorar (m/ha)
Totales	16,67	39,84	23,17	16,67
Camión	10,47	23,90	13,43	10,47

Tabla 4. Resultados relativos al balance económico

Coste de la extracción de biomasa (€)	Ingresos de la venta de la biomasa (€)	Balance (€)
115.152.310,12,	115.475.394,32	323.084,20

A partir del sistema de aprovechamiento y transporte propuesto se obtiene un **coste** medio de extracción de biomasa de **60,79 euros por tonelada de materia seca**, valor que oscila ente 49,41 €/t ms y 112,79 €/t ms. En términos energéticos, este coste es de **0,011 €/KWh**. El balance económico total resulta:

Como puede observarse, se obtiene un balance real positivo de **323.084,20 €**, que constituye los ingresos que se obtendrían de la realización de una extracción de biomasa en la zona.

La base de todos los cálculos anteriores han sido las diferentes teselas en las que se ha dividido el área de estudio, para las que se ha detallado su producción en biomasa, la densidad de su red viaria y el balance económico de la extracción de la biomasa para la industria energética. En las figuras que siguen puede observarse en qué teselas la producción de biomasa es mayor (valores mayores de PMA en la figura de la izquierda), o en cuáles se obtienen ingresos (en verde en la figura de la derecha) o, por el contrario, existen pérdidas (en rojo en la figura de la derecha) y por tanto necesitan ingresos aparte de los percibidos por la venta de madera.

5. DISCUSIÓN

Se han obtenido resultados en tres niveles, con diferentes utilidades y posibilidades de aplicación.

En primer lugar, se ha diseñado una metodología que podría ser la base para otros estudios en la zona o estudios del mismo tipo en otras comarcas. Se trata de una metodología que por fundamentarse en el empleo de técnicas SIG permite el análisis de multitud de variables y datos de manera sencilla y rápida. Permite resolver cuestiones a nivel de planificación y ordenación del territorio además de las puramente cuantitativas de extracción de biomasa. En este sentido, cabe destacar la modelización de la capacidad y la vulnerabilidad de la zona, que diseña prioridades y restricciones para el objetivo de

extracción de biomasa. Estos modelos podrían ser aplicables en otras localizaciones o ser rediseñados con otras variables para otros fines. También se ofrece una recopilación y procesado de

información de variables del medio de la región, de características selvícolas de inventario, de ecuaciones y datos de costes económicos y del estado de la red viaria.

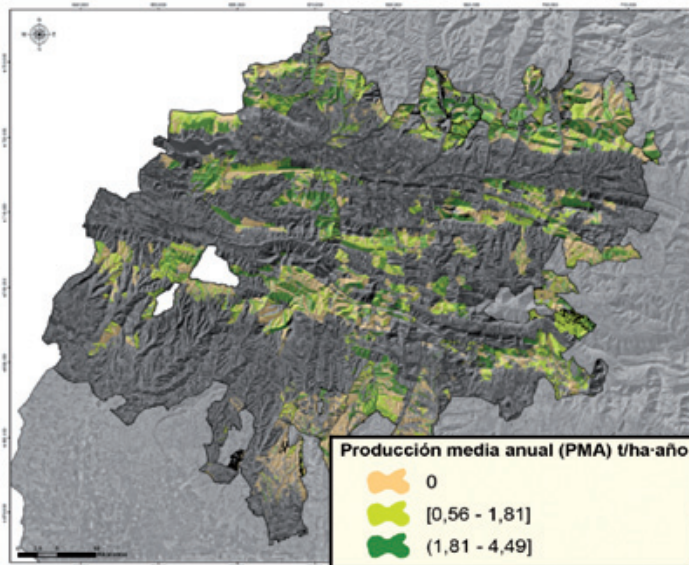


Figura 4. Mapa de Producción media anual (t/ha-año)

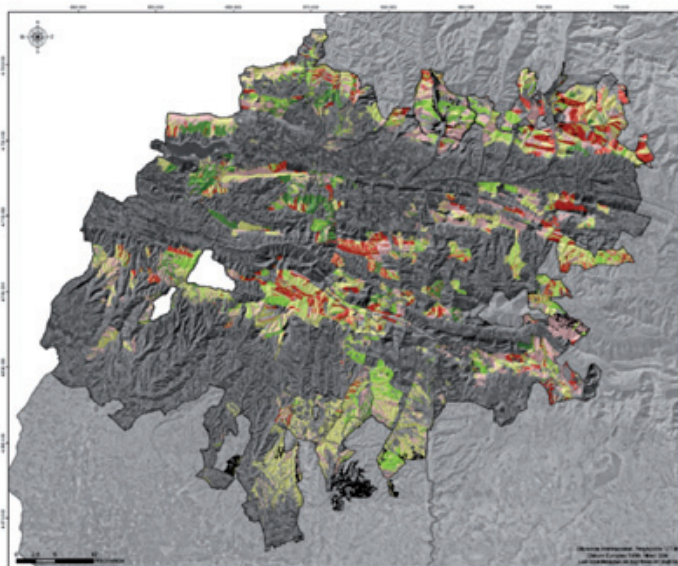


Figura 5. Mapa de Balance económico en €

Por otra parte, dada la amplia escala del estudio (aproximadamente, 85.500 ha), se ha desarrollado una zonificación del territorio en teselas o recintos más o menos homogéneos para la escala de detalle del estudio y los objetivos propuestos. Para cada tesela se establecen las prioridades y restricciones de actuación y la valoración de la viabilidad del aprovechamiento de la biomasa, pudiendo consultarse en la cartografía o en tablas de datos. Esta zonificación, además, puede servir para posteriores estudios. Se pueden distinguir las zonas donde la cantidad de combustible forestal disponible para su aprovechamiento es mayor, aquellas donde los costos del aprovechamiento, transporte y adecuación de la red viaria son menores y por tanto podrían autofinanciar las operaciones de extracción de biomasa, o por el contrario, aquellas que requieren grandes inversiones para su gestión. Estos resultados por teselas son muy importantes, ya que pueden servir para la planificación y ordenación del territorio estudiado.

Por último, se ofrecen resultados numéricos generales para toda la zona

objeto de estudio, que dan una idea de la gran cantidad de existencias disponibles que podrían ser destinadas al aprovechamiento energético, y muestran que, a pesar de resultar actuaciones costosas, en muchas ocasiones podrían autofinanciarse o incluso producir ingresos económicos, como demuestra el balance positivo final. En este aspecto, conviene indicar que probablemente los costes calculados subestiman los que realmente existirían si se llevara a cabo el aprovechamiento de la biomasa, puesto que no se han tenido en cuenta los imprevistos y dificultades que usualmente suceden en estos tipos de actuaciones y que seguramente serían comunes en montes con condiciones parecidas. De todos modos, como se ha justificado antes, estas cifras podrían ayudar a decidir dónde se deben priorizar las actuaciones y sobre qué extensión de territorio se puede actuar, dependiendo de las asignaciones presupuestarias disponibles.

En definitiva, aunque el estudio no sea de aplicación directa, precisando estudios posteriores de detalle, puede ser útil para la elección de las zonas

prioritarias de actuación, o simplemente como base informativa de los diferentes montes recogidos en el estudio.

6. CONCLUSIONES

El análisis de la biomasa de estas comarcas aragonesas ha permitido sistematizar un modelo de capacidad-vulnerabilidad y unos modelos de gestión asociados, que pueden permitir en un futuro estudiar la biomasa disponible en todas las comarcas aragonesas.

Igualmente, se deduce que la extracción del exceso de biomasa existente en las masas forestales estudiadas a partir de tratamientos selvícolas adecuados podría mejorar el estado de las masas e incluso lograr que se autofinanciaran mediante la venta de la biomasa a una planta.

Por último, y en lo que respecta a los valores puramente cuantitativos, se concluye que **14.938.563 pies** podrían ser extraídos para el aprovechamiento de su biomasa por la industria energética en los próximos años mediante una silvicultura preventiva, lo que implica la extracción de **7.294.538,32 t** de materia seca.

Este estudio se ha realizado en el marco de una asistencia técnica promovida por el Servicio de Coordinación y Planificación Forestal de la Dirección General de Gestión Forestal del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón. Se presentó como panel en el Congreso Wildfire 2007 en Sevilla y recibió el primer premio de la III Edición de los Premios Ramón de Zubiaur Zárate del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales.



Figura 6.
Pacas de biomasa en un experimento realizado por el Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón

BIBLIOGRAFÍA

- MONTERO, G., R. RUIZ-PEINADO, M. MUÑOZ (2005). *Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles*. Monografías INIA. Serie Forestal n.º 13.
- REPSOL (2007). Guía Campsa <<http://www.guiacampsa.com>> (consultado en agosto de 2007)
- TOLOSANA, E., V.M. GONZÁLEZ & S. VIGNOTE (2004). *El aprovechamiento maderero*. 2.ª ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- VV.AA. (2004). *Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal*. 1.ª ed. Colegio de Ingenieros de Montes. Madrid.
- VV.AA. (2005). *Prontuario Forestal*. 2.ª ed. Colegio de Ingenieros de Montes. Madrid. **F**