

Índice

Capítulo 1	
Introducción: la energía de los árboles	11
1.1. Cambios en los tiempos, cambios en el combustible	11
1.2. El bosque como fábrica de combustible	15
1.3. Extrayendo y usando la biomasa del bosque	16
1.4. La biomasa en la economía y la sociedad	17
Capítulo 2	
Bases ecológicas de la productividad de los sistemas forestales	19
2.1. ¿Qué necesita un árbol para crecer?	19
2.2. ¿Qué es la producción primaria y por qué es tan bajo su rendimiento?	21
2.3. ¿Cómo varía y qué factores afectan a la producción primaria neta desde la escala global hasta la escala local?	22
2.4. ¿Por qué los nutrientes son esenciales para el funcionamiento y explotación sostenible de los ecosistemas forestales, a pesar de ser generalmente ignorados en la toma de decisiones para la gestión?	24
2.5. Conclusiones	28
Capítulo 3	
El clima, la estructura forestal y la diversidad como determinantes de la productividad de los bosques españoles peninsulares	31
3.1. Determinantes de la productividad forestal	32
3.2. Productividad primaria neta potencial: el papel del clima	35

3.3. Productividad primaria neta real: el papel de la estructura forestal y la gestión	37
3.4. Diferencias entre la productividad primaria neta potencial y la real	40
3.5. El papel de la diversidad en la productividad forestal	41
3.6. Conclusiones	43
Capítulo 4	
El fuego en el paisaje: aprendiendo del pasado para gestionar el futuro ...	45
4.1. El espacio natural: rompiendo tópicos	46
4.2. Fuego y herbivorismo en la historia del planeta	50
4.3. La huella de los primeros humanos	52
4.4. Alteración del régimen de incendios en el último milenio	53
4.5. Régimen de incendios, hoy	55
4.6. Gestión del hábitat cambiante: el reto del próximo siglo	59
4.7. Conclusiones	64
Capítulo 5	
Herramientas para el análisis de la sostenibilidad ecológica de la gestión forestal	67
5.1. Los bosques son sistemas dinámicos y cambiantes	68
5.2. El concepto de sostenibilidad de la gestión forestal	70
5.3. La certificación forestal como herramienta de gestión sostenible	75
5.4. Los modelos ecológicos: herramientas basadas en la observación y el conocimiento	78
5.5. Conclusiones	82
Capítulo 6	
La realidad forestal en la producción de biomasa: el ejemplo de la gestión sostenible en Navarra	85
6.1. Los bosques de Navarra en cifras	86
6.2. Ejemplo de asociación forestal (Foresna-Zurgaia)	96
6.3. Planes técnicos de gestión y certificación forestal	98
6.4. La realidad cotidiana	99
6.5. La biomasa: un recurso más del monte	100
6.6. Conclusiones	105

Capítulo 7	
Características técnicas de la biomasa forestal como biocombustible	107
7.1. La biomasa como fuente energética	108
7.2. Biomasa forestal	114
7.3. Sostenibilidad ambiental	115
7.4. Biocombustibles sólidos	121
7.5. Usos de la biomasa forestal	126
7.5.1. Calor	127
7.5.2. Electricidad	132
7.5.3. Biocombustibles de primera y segunda generación	134
7.6. Conclusiones	134
Capítulo 8	
Emisiones de la biomasa forestal como combustible	137
8.1. El proceso de combustión de la biomasa	138
8.2. Principales contaminantes asociados a la quema de biomasa	140
8.2.1. Dióxido de carbono (CO ₂)	142
8.2.2. Material particulado	144
8.2.3. Dioxinas y furanos	145
8.2.4. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	147
8.3. Técnicas de control de la contaminación	147
8.4. Conclusiones	149
Capítulo 9	
El contexto económico de la biomasa forestal	151
9.1. Hacia el cambio de paradigma energético	152
9.2. El contexto europeo en el ámbito energético	155
9.3. La biomasa en el mix energético renovable español	160
9.4. La viabilidad de los proyectos con biomasa forestal	165
9.5. Experiencias de éxito en el uso de la biomasa forestal	168
9.6. Conclusiones	169
Capítulo 10	
Efectos socio-económicos del uso de la biomasa forestal como fuente de energía	171
10.1. La bioenergía como actividad generadora de empleo	173
10.2. La biomasa forestal como vehículo de desarrollo rural: el ejemplo del proyecto Basolan en Navarra	175

10.2.1. Estudio de la oferta	177
10.2.2. Estado de la demanda	179
10.2.3. Nichos de empleo generados	181
10.3. Conclusiones	182
Referencias	185
Apéndice	
Detalles metodológicos para el cálculo de la productividad primaria neta (capítulo 3)	197
A.1. Productividad primaria neta potencial	197
A.2. Cálculo de la productividad primaria neta real usando modelos de aprendizaje automático	198
A.3. Cálculo de la productividad primaria neta real usando modelos no lineales de máxima verosimilitud	199
Autores	203

Capítulo 1

Introducción: la energía de los árboles

Juan A. Blanco

Grupo de Ecología y Medio Ambiente
Departamento de Ciencias del Medio Natural
Universidad Pública de Navarra

1.1. Cambios en los tiempos, cambios en el combustible

La biomasa forestal es la fuente de combustible que ha sido utilizada durante más tiempo y de forma más extendida por la humanidad, desde el Paleolítico hasta la actualidad. Con leña y carbón vegetal se desarrollaron las civilizaciones clásicas, los reinos medievales y los imperios de la época de las colonias. La leña y el carbón vegetal también trajeron la industrialización, primero de Europa y después del resto de regiones del mundo. Sin embargo, a partir de la explotación industrial, primero del carbón mineral, después del petróleo y finalmente del gas natural entre los siglos XVIII y XX, la biomasa forestal ha perdido su protagonismo en los ambientes urbanos y en gran parte del mundo rural de los países industrializados, entre ellos España. Solamente en los últimos tiempos, en el inicio del siglo XXI, es cuando se ha comprobado el efecto pernicioso del uso de combustibles fósiles en los ecosistemas del planeta. Por este motivo, junto con los claros beneficios económicos y sociales de la explotación de los combustibles que genera el bosque, se ha vuelto a ver la biomasa forestal como una fuente de energía sostenible y menos contaminante, ya que aplicando los últimos avances tecnológicos se pueden

lograr bajas emisiones y conseguir altos rendimientos caloríficos, y activar así el desarrollo de un tejido industrial en el mundo rural.

En los últimos años, la búsqueda de fuentes de energía alternativas al uso de combustibles fósiles ha vuelto de nuevo a la actualidad. La crisis económica, el auge de los precios del petróleo, la inestabilidad en las regiones productoras de petróleo y gas, el abuso sobre los precios de las grandes compañías de energía, son todos motivos que han empujado a muchos particulares, administraciones y empresas a buscar fuentes de energía alternativas, que normalmente son más baratas. Una de esas fuentes de energía es la biomasa forestal.

Curiosamente, la biomasa forestal no es otra cosa que el combustible más antiguo usado en el mundo (la leña), pero gestionado con criterios técnicos modernos. Leña, carbón vegetal, serrín, virutas, etc., son productos que han sido tradicionalmente utilizados en talleres y hogares durante décadas, sino siglos, para producir calor. Sin embargo, a partir de los años 60 del siglo XX, con la urbanización, el abandono de los pueblos y la reducción general de la actividad en el medio rural, el origen de la principal fuente de calor ha ido pasando poco a poco primero al gasoil u otro combustible líquido y después al gas natural, en las zonas que tienen conexión a las redes de distribución. El uso de leña ha quedado reducido al ámbito rural, muchas veces en chimeneas o estufas de leña poco eficientes.

Por otro lado, el desarrollo tecnológico ha permitido crear nuevos tipos de combustible a partir de la tradicional leña y serrín: astilla de tamaños homogéneos, briquetas o «pellets» (pequeñas pellas cilíndricas de serrín prensado). Estos nuevos combustibles han permitido la homogeneización e industrialización de la oferta de biomasa, así como el desarrollo tecnológico de las calderas e instalaciones, con el consiguiente aumento en la eficiencia del uso de combustible. Frente a las tradicionales chimeneas, capaces de convertir un 15 % de la energía presente en la madera en calor de calefacción en el hogar, las nuevas calderas de pellets pueden llegar a una eficiencia del 85-90 %, cercana a las calderas que utilizan gas natural, y generando por la tanto mucho más calor por unidad de leña. Además, la volatilidad de los precios del gasoil y el paulatino aumento del coste de la electricidad hacen que la alternativa de la biomasa forestal sea cada vez más atractiva para el consumidor final. Sin embargo, el uso de esta «nueva» forma de energía tiene que hacerse de forma sostenible, es decir, que no provoque un deterioro de las condiciones ambien-

tales, económicas y sociales en las que se desarrolla. Sobre cómo conseguir eso trata este libro.

Existen muchas obras de carácter técnico que tratan cuestiones relacionadas con la biomasa forestal, desde su producción y gestión en el monte hasta su comercialización y uso en distintos sistemas de producción de calor y electricidad. Las personas que estén interesadas en profundizar más, en especial en el carácter técnico de la producción, gestión y aplicación de esta fuente de energía, pueden consultar libros como el escrito por Tolosana (2009) o por Damien (2009), o las publicaciones del Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE) accesibles gratuitamente en su página web (www.idae.es).

Sin embargo, la disponibilidad de obras introductorias al tema de sostenibilidad del uso de la biomasa forestal como fuente de energía es limitada. Este hecho fue puesto en relevancia en un curso de verano organizado por la Universidad Pública de Navarra en septiembre de 2014 en Garde (valle de Roncal, Navarra), donde se constató la necesidad de crear una publicación de carácter básico, introductorio y accesible a todos los públicos que pusiera en común los determinantes ecológicos, técnicos, económicos y sociales que pueden hacer de la biomasa forestal una opción sostenible en el tiempo e impulsora del desarrollo de las zonas rurales. Con este objetivo se ha editado esta obra que reúne a especialistas de varias universidades españolas y europeas, centros nacionales de investigación y de asociaciones de desarrollo rural, así como de propietarios forestales, para informar y analizar desde diversos ámbitos los condicionantes ecológicos, técnicos y socioeconómicos del uso de la biomasa forestal como una fuente de energía.

Los conceptos presentados en este libro pretenden tener validez universal; ser útiles y aplicables en cualquier proyecto de uso de la biomasa como fuente de energía, con la idea de ofrecer un punto de entrada al mundo de la biomasa forestal a estudiantes, personal técnico, gestores y al público en general. Sin embargo, para hacer el libro más ilustrativo y no evitar la continua referencia a conceptos abstractos, se ha visto necesaria la inclusión de ejemplos concretos y por ello, se ha tenido en cuenta situaciones concretas de Navarra (una de las principales regiones forestales de la Península Ibérica tanto en extensión forestal como en tradición maderera). Esto es especialmente importante dadas las características de un combustible como la biomasa forestal, cuya producción y aprovechamiento depende en gran

medida de las condiciones ecológicas, económicas y sociales de la región en la que se pretende utilizar este recurso natural.

En la actualidad, existen herramientas cualitativas y cuantitativas para valorar la sostenibilidad del uso de esta energía de forma combinada en los ámbitos ecológicos, económicos y sociales. Sin embargo, los principales retos para la sostenibilidad de esta fuente de energía son:

1) Ambientalmente: mantener el funcionamiento del ecosistema y la biodiversidad del bosque a largo plazo para asegurar que la capacidad productiva del bosque no se reduce.

2) Económicamente: asegurar que existe una demanda suficiente para mantener la producción de biomasa, y que la demanda no desborde la capacidad de producción del medio ambiente primero y del sector industrial después.

3) Socialmente: asegurar que la biomasa es utilizada de forma que se pone en valor un recurso local y se potencia la economía y empleo rural, pero sin poner en peligro otros usos del monte.

En definitiva, la viabilidad de la biomasa forestal como una fuente de energía sostenible depende de los condicionantes particulares de cada monte, usuario y zona. En esta obra se ha escogido Navarra como una comunidad de referencia, ya que entre las comunidades autónomas españolas es una de las que tiene mayor cobertura y diversidad forestal, mayores índices de certificación de sus bosques y gran tradición en la explotación y mantenimiento del monte. Además, Navarra es, junto con Ciudad Real, la provincia que más masa forestal tiene susceptible de ser explotada con fines energéticos (M.M.A.M.R.M., 2011).

Con el fin de dar unas primeras ideas y orientaciones sobre la sostenibilidad del uso de la biomasa forestal, esta obra trata aspectos ambientales, técnicos, económicos y sociales relacionados con el uso de esta fuente de energía. Nuestro objetivo es describir de una forma básica y divulgativa los distintos elementos que intervienen en la sostenibilidad, sin estar reñido esto con una rigurosidad científica a la hora de exponer y analizar los conocimientos actuales relacionados con esta materia.

El libro está organizado en dos bloques temáticos. El primer bloque está compuesto por los cuatro primeros capítulos, en los cuales se analizan los condicionantes biológicos y ecológicos de la producción de biomasa forestal. El ecosistema forestal es el origen de toda biomasa, y comprender bien su funcionamiento a corto y largo plazo, sus limitaciones biológicas, climáticas,

de suelo y de producción es fundamental para asegurar la sostenibilidad de la gestión de la biomasa. En estos cuatro capítulos iniciales se profundiza en estos aspectos.

El siguiente bloque temático está compuesto por los cinco capítulos restantes. En los tres primeros capítulos se exponen los temas relacionados con la sostenibilidad técnica de la explotación forestal y del uso de la biomasa como combustible, mientras que los dos últimos capítulos tratan sobre la sostenibilidad económica y social. Estos temas, de mayor carácter práctico y que además suelen depender de las características propias de la zona de aplicación, se presentan de forma más aplicada. Estos capítulos tratan la gestión de la biomasa forestal en Navarra, región que ha sido escogida como un buen ejemplo del potencial de biomasa forestal en España, como se explica en el capítulo seis.

1.2. El bosque como fábrica de combustible

Considerando que la biomasa forestal no es otra cosa que la materia orgánica generada por los árboles, en el segundo capítulo J. Bosco Imbert explica por qué crecen los árboles. ¿Qué procesos biológicos tienen lugar para que un árbol (y todo el bosque) crezca y genere biomasa? Esta es la principal pregunta que se responde en este capítulo, describiendo cómo influyen elementos como el clima o la disponibilidad de recursos sobre el crecimiento de los árboles.

El bosque es por lo tanto el punto en el que se genera la biomasa forestal. Los bosques parecen permanecer inalterados simplemente porque los árboles que los componen viven muchos años, superando muchas veces la duración de las vidas de las personas que los visitan o trabajan en ellos. Sin embargo, los bosques cambian a lo largo del tiempo respondiendo a cambios tanto en los árboles como en el ambiente que rodea al bosque. En particular, uno de los cambios más importantes que influirá en los bosques en el medio y largo plazo es el cambio climático. Paulatinamente, el clima va a ir volviéndose más caluroso, y dependiendo de las zonas, más o menos seco y más o menos turbulento. Esto supone que la producción de biomasa por parte del bosque cambiará y será necesario que la gestión forestal se adapte a este nuevo escenario climático. Este importante punto lo comentan Paloma Ruiz Benito y sus colaboradores en el tercer capítulo del libro.

La biomasa forestal es por lo tanto un combustible que de forma natural crece en el bosque, y donde hay combustible es probable que antes o después haya fuego. En la mayoría de los paisajes, y en especial en los mediterráneos, el fuego ha sido y sigue siendo una fuerza determinante que ha moldeado la presencia de distintas especies vegetales y animales. Los humanos han utilizado el fuego como una herramienta fundamental para manejar muchos de los aspectos relacionados con la gestión del paisaje, entre ellos el de la producción (o eliminación) de la biomasa forestal. En el cuarto capítulo Rosa María Canals describe las relaciones entre ecosistemas y fuego. En él se responde a preguntas como: ¿Es el fuego amigo o enemigo del gestor ambiental?, ¿si la biomasa no se quema en la caldera, se quemará en el monte?

1.3. Extrayendo y usando la biomasa del bosque

Si el combustible se genera en el bosque, el primer y más obvio paso es extraerlo. Cómo llevar a cabo esa gestión forestal sin dañar las condiciones ecológicas del bosque es lo que guía el manejo forestal sostenible. En el quinto capítulo del libro, Juan A. Blanco expone las distintas herramientas que existen para medir la sostenibilidad de la gestión forestal. En este capítulo se responden preguntas como: ¿Qué significa «sostenible» en términos ecológicos? ¿Cómo se relaciona la certificación forestal con la sostenibilidad de la gestión forestal? En resumen, el autor proporciona una visión de herramientas simples, avanzadas y en desarrollo que están disponibles para apoyar las decisiones que deben tomar los gestores forestales.

La sostenibilidad ecológica no es la única a tener en cuenta a la hora de gestionar esta fuente de energía. Es también importante que sea técnica y económicamente sostenible para los profesionales del sector, tanto como para los propietarios del monte o como para las compañías de extracción de madera y de comercialización de pellets y astilla. De hecho, en muchos montes donde se pretende generar productos maderables de calidad, la biomasa se sigue considerando un producto secundario de la gestión forestal. Sin embargo, su importancia está aumentando y empieza a competir con el objetivo tradicional de generación de madera. Además, en otros montes donde la generación de productos maderables es pequeña o de baja calidad, la biomasa puede tener un papel importante para generar rentabilidad y cubrir los costes de acciones silvícolas que no se están realizando por falta

de financiación. La producción de biomasa y la producción de madera no están en conflicto, sino que pueden resultar complementarias aumentando el valor generado por el monte y permitiendo una silvicultura más racional y continua. Estos y otros temas son descritos por Juan Miguel Villarroya en el sexto capítulo del libro, donde se proporciona una visión de la producción de biomasa forestal en Navarra desde la perspectiva de las y los productores y propietarios forestales.

En relación a las características de la biomasa como combustible, es necesario comprobar sus propiedades físicas (poder calorífico, cenizas, etc.) y compararlas con los combustibles fósiles que pretende sustituir. Esto conlleva la necesidad de la estandarización y certificación también de pellets y astilla como los principales combustibles de la biomasa forestal. De igual manera, los equipos destinados a la conversión del combustible en calor (estufas y calderas) deben tener unas características técnicas que aseguren no solamente el confort de la calefacción sino también su eficiencia, seguridad y durabilidad. Temas como legislación en clasificación de combustibles, certificación, ayudas, etc., son claves a la hora de utilizar cualquier tipo de combustible, y sobre estos temas Goizeder Barberena escribe el séptimo capítulo de este libro.

Además, un tema que a veces preocupa a los potenciales usuarios y gestores ambientales es la generación de emisiones durante la combustión de la biomasa forestal. Este tema es también el principal punto de preocupación para las personas propietarios de instalaciones de biomasa, o para residentes cercanos a éstas, y puede llegar a convertirse en uno de los principales inconvenientes para el uso de esta fuente de energía. En el octavo capítulo de este libro, Jesús Miguel Santamaría nos explica cómo aparecen y cómo se pueden controlar cada uno de los diferentes tipos de emisiones que genera la combustión de la biomasa forestal.

1.4. La biomasa en la economía y la sociedad

La biomasa forestal no es solamente un combustible disponible para hogares y pequeñas instalaciones; es también una fuente de desarrollo económico y uno de los principales puntos de atención en la agenda de la Comisión Europea para el desarrollo regional. Por lo tanto, los negocios desarrollados alrededor de la gestión de la biomasa forestal como combustible deben mantener los criterios de sostenibilidad económicos, si están sujetos a distintos

tipos de ayudas y directivas legisladoras, tal y como describe Cristina Blanco en el noveno capítulo de este libro.

El contribuir al desarrollo rural, la generación de empleo, el evitar el despoblamiento y, en definitiva, mantener la actividad en el ámbito rural es algo tan importante para la sostenibilidad de esta fuente de energía como la sostenibilidad ecológica. Considerando la situación de Navarra, Juan A. Blanco e Isabel Elizalde analizan en el décimo y último capítulo del libro la influencia que las actividades económicas relacionadas con la biomasa pueden tener sobre la economía local en el ámbito rural.

En conclusión, las personas que se acerquen a este libro descubrirán al acabar su lectura que en la actualidad hay una oportunidad única de recuperar el uso de la biomasa forestal como una fuente de energía sostenible. Y esto se debe a una combinación de factores: la gestión de los montes realizada en el pasado, la situación del mercado de los combustibles fósiles o el desarrollo tecnológico del sector. El uso de la biomasa forestal como energía se está extendiendo rápidamente en el ámbito rural y de las PYMES, pero queda como reto su desarrollo en ambientes urbanos e industriales.