



VALORIZACIÓN DE LA BIOMASA AGRÍCOLA Y FORESTAL EN ZONAS RURALES DE LA ZONA MEDITERRÁNEA ESPAÑOLA

Colomer Mendoza, Francisco J.¹; Despons Jovani, Kevin¹; Gallardo Izquierdo, Antonio¹; Carlos Alberola, Mar¹; Hayani Fakas al Beid, Moulham M.²

¹INGRES, Depto. Ingeniería Mecánica y Construcción. Universidad Jaume I. Avda. Vicent Sos Baynat, S/N, 12071 España. fcolumer@uji.es

²Universidad Autónoma de Madrid

Resumen

Según la Directiva (UE) 2018/2001, los Estados de la Unión Europea velarán para que la cuota de energía procedente de fuentes renovables sea de al menos el 32% del consumo final bruto de energía de la UE en 2030. Entre estas fuentes de energía renovables, tiene un lugar destacado la biomasa. En España el objetivo gubernamental es que la potencia instalada de dicha biomasa debería alcanzar los 1.408 MW para el año 2030. La biomasa, además de su potencial energético, conlleva elementos de valor añadido como dinamizar el entorno rural y mitigar el riesgo de despoblación. Por tanto, en este trabajo se determina el potencial energético de la biomasa agrícola y forestal en una comarca mediterránea española. Para ello, en primer lugar, se ha calculado la cantidad de la biomasa disponible (2.261 t/año), identificando y cuantificando las superficies aptas para el aprovechamiento, y su planificación a lo largo del año. Por otro lado, a partir de análisis físico-químicos, se ha calculado el potencial energético de la mencionada biomasa y su aplicabilidad como combustible, suponiendo una producción de alrededor de 9,5 GWh/año. En segundo lugar, se proyecta construir una instalación para la transformación de esta biomasa en pellets, de manera que sirva como fuente de empleo y de riqueza para la región. Los resultados económicos muestran un periodo de retorno de aproximadamente 5 años y una rentabilidad de alrededor del 17% por lo que, ayudado por las ayudas y subvenciones, se considera una inversión rentable social y económicamente hablando.

Abstract

According to Directive (EU) 2018/2001, the States of the European Union will ensure that the share of energy from renewable sources is at least 32% of the gross final energy consumption of the EU in 2030. Among these renewable energy sources, biomass has a prominent place. In Spain, the government objective is that the installed biomass power should reach 1,408 MW by 2030. Furthermore, biomass carries benefit elements such as revitalizing the rural environment and mitigating the risk of depopulation. Therefore, in this work the energy potential of agricultural and forestry biomass in a Spanish Mediterranean region is determined. To do this, in the first place, the amount of available biomass (2,261 t/year) has been calculated, identifying and quantifying the suitable areas for use, and their planning throughout the year. On the other hand, based on physical-chemical analysis, the energy potential of biomass and its applicability as fuel have been calculated, assuming a production of around 9.5 GWh/year. Secondly, it is planned to build a facility for the transformation of this biomass into pellets, so that it serves as a source of employment and economic value for the region. The economic results show a payback of 5 years and internal rate of return of 17%, which is why, helped by aid and subsidies, it is considered a profitable investment socially and economically speaking.

Palabras clave/keywords:

biomasa, cultivo, energía renovable, valorización / Biomass, crop, renewable energy, valorization

1. Introducción

Según la Directiva 2008/98/CE de la UE (Unión Europea), la biomasa es la fracción biodegradable de productos, deshechos y residuos de la agricultura (incluyendo sustancias vegetales y animales), silvicultura e industrias relacionadas, así como la fracción biodegradable de los residuos municipales e industriales.

El aprovechamiento de este recurso es una oportunidad de creación de empresas y de empleo, de combatir la despoblación y de proteger el medio ambiente, sobre todo, en las zonas rurales, donde el abandono del monte ha supuesto un aumento de la biomasa presente (los montes de la provincia de Castellón (España) producen alrededor de 133.000 t/año de biomasa), lo que provoca un aumento del riesgo de incendios forestales. En cuanto a la biomasa agrícola, su aprovechamiento supone la puesta en valor de un residuo como es el de la poda (la biomasa agrícola producida en la provincia superaría las 182.000 t/año de restos de podas procedentes de olivos, almendro, vides y cítricos). El principal problema al que se enfrenta el aprovechamiento de este recurso es su heterogeneidad, lo cual dificulta la elaboración de combustibles de alta calidad.

Respecto a los usos de la biomasa como fuente de energía, cabe destacar su uso para la producción de energía térmica. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) esta producción seguiría diversas variantes (IDAE, 2007): usos más tradicionales como son en chimeneas, hornos de leña, estufas o pequeñas calderas en hogares. En el siguiente escalón se encontrarían las calderas de un mayor tamaño, capaces de abastecer a un bloque de viviendas. En el tercero se pueden encontrar calderas de calefacción capaces de abastecer a un barrio entero, muy usuales en el norte de Europa. La biomasa como fuente de calor tiene también relativa importancia en la ganadería y la agricultura para producir calor en las granjas y en los invernaderos respectivamente.

Para la obtención del pellet, la biomasa se tritura hasta conseguir serrín, el cual se prensa y gracias a la lignina que actúa como aglomerante no se necesita ningún tipo de cola ni pegamento para su fabricación, lo cual lo convierte en un producto 100% ecológico y renovable. El pellet resultante tiene un aspecto brillante característico con una mayor densidad que la madera de la cual está hecho, por ello posee un poder calorífico mayor al de la leña y ocupa menos espacio que esta. La norma ISO 17225-2 (UNE-EN ISO 17225-2:2014, 2014) define qué tipos de madera según su origen se pueden utilizar para la fabricación de pellets. La calidad del pellet se determina por el esquema de clasificación ENplus (ENplus, 2015), que define tres clases de calidad de los pellets: ENplus A1, ENplus A2 y ENplus B. Algunos de los valores umbral de los pellets para su clasificación de calidad se definen en la Tabla 1.

Tabla 1: valores para la clasificación de los pellets

Propiedad	ENplus A1	ENplus A2	ENplus B
Humedad (%)	≤ 10		
Cenizas (%)	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2,0
Poder calorífico inferior (kWh/kg)	≥ 4,6		

De este modo, el objetivo principal de este trabajo es el estudio de viabilidad técnica y económica de una planta de producción de pellets con residuos agrícolas y forestales situada en el municipio de Sant Mateu (provincia de Castelló, España).

2. Metodología

2.1. Cálculo de la biomasa

Para desarrollar la metodología de trabajo en primer lugar, se deberán analizar y caracterizar los diferentes tipos de biomasa agrícolas del término municipal de Sant Mateu (Castellón, España). Para ello se debe conocer cuáles son los cultivos presentes en cada municipio y el número de hectáreas que ocupan. Esta información se puede encontrar en la página web de la Conselleria de Agricultura (Gobierno regional). Otro dato necesario es la ratio de poda, la cual indica las toneladas de poda por hectárea que se pueden obtener de cada cultivo en un año. En este caso se utiliza una ratio de 1,45 t/ha·año para olivo y almendro (Burdí Orduña, 2016). Para la ratio del cerezo se toma un promedio de 3,19 t/ha·año (Fernández, García, & Fernández, 2014). En cuanto a la presencia de caña común (*arundo donax*) se realiza una medición del número de cañas presentes en un metro cuadrado, ésta medición se realizó en seis puntos diferentes con presencia de cañas. Después se hizo la media de los diferentes puntos y se obtuvo el número de cañas por metro cuadrado promedio. Posteriormente, se calculó el peso promedio de las cañas, para lo cual se cortaron y pesaron 20 cañas recogidas al azar. Para calcular el peso total de caña se identifica y se mide la superficie ocupada por esta planta mediante ortofotografía del gvSIG (gvSIG, 2020). Finalmente, para conocer la cantidad de biomasa forestal se calcula según los datos proporcionados por VAERSA (2014). Es importante destacar que no toda la biomasa agrícola, caña común y biomasa forestal es fácilmente accesible, ya que a algunos puntos sería difícil llegar con el medio de transporte. Por otro lado, hay propietarios que no cederán su biomasa al proyecto, por lo que se hizo una encuesta de participación. La proporción de superficie accesible promedio se resume en la Tabla 2.

Tabla 2: resumen promedio de la producción de biomasa anual

Cultivo	Superficie ocupada (ha)	Biomasa resultante (t/año)	Accesibilidad (%) (10 km)	Biomasa total (t/año)
Olivo	11.957	17.350,70	5,45	1240,16
Almendro	3.070	4.451,15		
Cerezo	299	953,81		
Caña común	45	912,64	90	821,38
Forestal	----	500	40	200,00
TOTAL				2.261,53

2.2. Cálculo de la entrada de materia prima

En base al dato obtenido de peso total de biomasa, se procederá a calcular la entrada de materia prima en la planta. En primer lugar, se debe tener en cuenta en qué época del año se producirá la entrada de materia prima a la planta, para ello, se ha identificado la temporada de poda de las especies agrícolas presentes. Además, hay que tener en cuenta que tanto la biomasa forestal como la caña son susceptibles de ser recogidos durante todo el año, aunque para evitar incendios forestales el pino carrasco (biomasa forestal) sería conveniente recogerlo antes de la llegada del verano. La caña común, sin embargo, debería

ser recogida antes de los episodios de fuertes lluvias que suelen tener lugar en otoño. Con todo esto, se elabora un calendario de podas, del cual dependerá la entrada de biomasa en la planta, que se resume en la Tabla 3 y que deja ver qué se podrá producir durante todo el año. De septiembre a abril se producirán pellets con almendro, cerezo y olivo, mientras que, durante los meses de mayo a agosto, se trabajará con cañas y pino carrasco.

Tabla 3: Calendario de las labores de poda y limpieza

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Almendro												
Caña común												
Cerezo												
Olivo												
Forestal (pino carrasco)												

2.3. Determinación de las propiedades de la biomasa

Según las normas ENplus la humedad del pellet para todas las calidades posibles ha de ser menor al 10% (ENplus, 2015). Para calcular la humedad de las muestras se ha aplicado la norma UNE-EN 13183-1/AC, 2004 (105°C en estufa durante 24 h). Se realizaron 6 determinaciones por tipo de biomasa. Tras el secado, las muestras fueron trituradas en molino de cuchillas con una malla de 0,4 mm.

Según la norma ENplus (Tabla 1) el contenido de cenizas que presenten las muestras será determinante para saber la calidad de los pellets que se fabriquen a partir de esta biomasa. El procedimiento a seguir es el marcado por la norma UNE-EN 14961-3, 2012. Se realizaron 4 determinaciones por tipo de biomasa.

En tercer lugar, se determinará el poder calorífico de cada una de las muestras, para lo cual se utiliza un calorímetro isoperibólico PARR1563 y se realiza el procedimiento adecuado para calcular el poder calorífico inferior (PCI). Se realizaron 3 determinaciones por tipo de biomasa.

Posteriormente, se planificará y describirá todo el proceso de obtención del pellet, así como las instalaciones y maquinarias necesarias para tal fin. Finalmente se realizará un estudio de viabilidad económica. De esta manera se podrá saber si la valorización de los residuos vegetales del término municipal de Sant Mateu es rentable y sostenible.

3. Resultados

3.1. Obtención de la biomasa

Para no exceder en costes de transporte, la biomasa disponible se calculará para un radio de 10 km desde de la nave industrial. Las cantidades que se obtendrán se resumen en la Tabla 3.

Para el peso de las cañas se obtuvo un promedio de 55,17 cañas/m² (Desv. St. 14,88), con un peso promedio de 508,99 g/caña (Desv. St. 63,77) y una superficie ocupada de 44,60 ha por lo que se puede calcular el peso de caña húmeda obtenido en la zona de estudio (Tabla 3).

3.2. Propiedades de la biomasa

Una vez caracterizada la muestra, los datos de humedad, cenizas y poder calorífico inferior de cada una de las muestras se representan en la Tabla 4. Así pues, las cenizas promedio del olivo (40% de hojas y 60% de

rama) sería de 2,87%. En el pino sería de 2,99%; valor superior a lo que dicta la norma ENplus. En cuanto al PCI, el olivo tendría 4,41 kWh/kg y el pino 5,29 kWh/kg.

3.3. Estudio de viabilidad económica

La inversión inicial que se necesita para poner en marcha la empresa tiene en cuenta que la nave industrial es propiedad del promotor del proyecto, por lo que incluye sólo la maquinaria necesaria, la instalación de iluminación, la instalación eléctrica y la instalación de protección contra incendios. El presupuesto final sin IVA asciende a un total de 198.427,51€.

La maquinaria incluye tolva con tornillo sinfín, túnel de secado, molino de martillos, cargador, peletizadora, unidad de filtrado, enfriadora, tamizadora, envasador big-bags y las correspondientes cintas transportadoras.

Los gastos de explotación engloban el consumo de combustible para el transporte de la biomasa (7.200 €/año), consumo energético de la maquinaria (16.372,13 €/año), compra de envases para el transporte big-bags (373,5 €/año), además de los gastos fijos como son mantenimiento, telefonía e internet, salarios, y consumo energético por iluminación y climatización (157.767,22 €/año).

Para calcular los ingresos por venta de biomasa en forma de pellet se ha fijado un precio relativamente bajo, ya que la biomasa promedio no cumple la norma de calidad de la ENplus siendo este de 150 €/t y como se ha calculado una producción anual de 2.261 t que se quedan en 1.522,50 t tras el secado hasta alcanzar el 10% de humedad, lo cual representa unos ingresos anuales de 228.375 €.

Así pues, con una tasa de inflación anual del 1,8%, un interés nominal del 2,2% y un impuesto de sociedades del 25%, los indicadores económicos proporcionan el resultado económico aceptable, con un VAN (valor actual neto) de 223.732,97 €; un TIR (tasa interna de rentabilidad) de 16,68% y un PR (periodo de retorno) de 4,82 años.

Tabla 4: resultados de las determinaciones de los distintos tipos de biomasa

	Humedad (%)	Cenizas (%) sobre masa seca	PCI (kWh/kg) sobre masa seca	PCI (kWh/kg) 10% de humedad
Olivo (hoja) ^a	38,14 (desv.: 2,53)	3,51 (desv.: 0,02)	4,76 (desv.: 0,05)	4,29
Olivo (rama) ^a	46,03 (desv.: 1,25)	2,44 (desv.: 0,04)	4,17 (desv.: 0,07)	3,75
Caña común	52,43 (desv.: 4,98)	3,58 (desv.: 0,45)	4,71 (desv.: 0,03)	4,24
Cerezo	33,04 (desv.: 1,98)	2,85 (desv.: 0,62)	4,23 (desv.: 0,04)	3,81
Almendro	10,14 (desv.: 0,06)	3,20 (desv.: 0,08)	4,27 (desv.: 0,07)	3,85
Pino (hoja) ^b	46,32 (desv.: 0,44)	3,49 (desv.: 0,20)	5,61 (desv.: 0,02)	5,04
Pino (rama) ^b	26,54 (desv.: 1,53)	2,91 (desv.: 0,07)	5,23 (desv.: 0,04)	4,71

^a40% de hojas y 60% de rama (en masa)

^b15% de hojas y 85% de rama (en masa)

4. Conclusiones

Con la puesta en marcha de este proyecto sería posible el aprovechamiento de los restos de poda, una biomasa que hoy en día o bien se quema en el campo, con el consiguiente riesgo de incendios, además de suponer el desaprovechamiento de una materia prima, o bien son triturados y dejados en el campo como fertilizante, con el riesgo de transmisión de enfermedades y patologías que ello puede conllevar. Por ello,

con la valorización de estos restos se evitaría el riesgo de incendios que implica la quema de restos de poda y la posible transmisión de enfermedades que origina el triturado de los restos de poda en campo.

Por otro lado, después de las determinaciones realizadas se puede observar que no se cumplen los parámetros de calidad de ENplus, por lo que esta biomasa no podría llevar sello de calidad. Sin embargo, debido a su adecuado poder calorífico sí que podría considerarse una biomasa con propiedades aceptables, por lo que sería posible su comercialización aunque a un precio inferior que la biomasa de mayor calidad.

El estudio económico demuestra que la inversión en este proyecto podría ser rentable siempre que se dieran por amortizada la parcela y la nave industrial donde se va a ubicar la explotación. Por otro lado, las administraciones públicas españolas y europeas suelen otorgar subvenciones a fondo perdido a este tipo de proyectos de producción de energías renovables, por lo que en este caso se vería mejorada la rentabilidad.

5. Referencias

- Burdí Orduña, A. (2016). Estimación del potencial energético de la biomasa residual agrícola y análisis de aprovechamiento en los municipios de la comarca del Alto Palancia en Castellón. Trabajo Fin de Máster. Universitat Jaume I.
- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.
- ENplus. (2015). Esquema de certificación de calidad. Parte 3: Requisitos de calidad de los pellets. European Pellet Council (EPC) AEBIOM - European Biomass Association, Bruselas. <https://enplus-pellets.eu/es/component/attachments/?task=download&id=162:ENplus-Manual-Espaa-vs-3>
- Fernández, P., García, F., Fernández, J. (2014). Estudio preliminar sobre la modelización en la absorción de nutrientes en el cultivo de cerezo en la Región de Murcia. Vitoria-Gasteiz: XI Congreso de SEAE: «Agricultura ecológica familiar».
- gvSIG (2020) Asociación gvSIG. <http://www.gvsig.com/es>
- IDAE (2007) Energía de la biomasa. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10374_Energia_de_la_biomasa_07_28e17c9c.pdf
- UNE-EN ISO 17225-2:2014 (Versión corregida en fecha 2019-05-22) Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 2: Clases de pélets de madera. (ISO 17225-2:2014).
- UNE-EN 13183-1/AC:2004. Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 1: Determinación por el método de secado en estufa
- UNE-EN 14961-3:2012. Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 3: Briquetas de madera para uso no industrial.
- VAERSA (2014) Valenciana de Aprovechamientos y Residuos, S.A. Bases para una estrategia provincial de biomasa. Uso térmico de la biomasa. Diputación provincial de Castellón. Valencia.