



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Estudio de viabilidad de la biomasa de los montes de Ampudia (Palencia) para el autoabastecimiento de las instalaciones municipales

DE LA ROSA, E.¹, CASADO SANZ, M.¹, SAIZ ROJO, A.¹

¹ Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia. Universidad de Valladolid.

Resumen

El aprovechamiento sostenible de la biomasa forestal de los montes de pinos y encinas en el municipio de Ampudia no solo supondría el mejor método de prevención contra incendios forestales, sino que puede generar empleo rural directo e indirecto y producir energía calorífica renovable para dicho municipio.

El estudio analiza las existencias forestales en los montes y propone una solución sostenible y eficiente al abastecimiento energético en las instalaciones municipales a partir de la biomasa de sus montes. Se describen las características técnicas de una planta de biomasa para la producción de pellets en un proceso semi-industrial.

Palabras clave

Economía circular, pellets, desarrollo rural, energía renovable, pino, encina.

ODS 7: Energía asequible y no contaminante.

1. Introducción

Los combustibles fósiles predominan en el consumo mundial y sólo las energías renovables aportan el 18% de toda la energía consumida en el mundo, de esta la biomasa es la más utilizada con un 12% aproximadamente en todo el planeta, lo que supone 2/3 del total de las energías limpias como se aprecia en el gráfico 1. Según la Asociación Mundial de Biodiversidad (Word Bioenergy Association, 2020), la capacidad instalada de biocombustibles sólidos y líquidos a nivel mundial ha ido en constante aumento hasta el día de hoy, los biocombustibles sólidos son los predominantes ocupando aproximadamente el 75% de la capacidad total, debido en parte al tradicional y fácil uso de la madera y sus derivados como combustible.

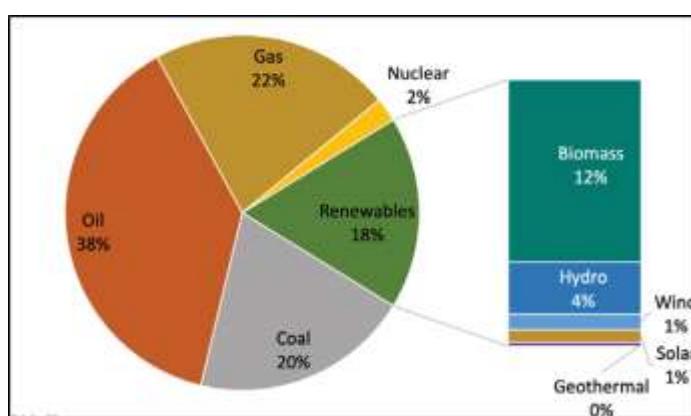


Gráfico 1. Consumo bruto de energía mundial de 2019. (Fuente: Word Bioenergy Association, 2020).

A nivel mundial la producción de calor mediante biocombustibles sólidos ha ido en ascenso desde 1990 (gráfico 2). Los biocombustibles sólidos primarios son los que predominan y sobre todo los provenientes de los productos y residuos del ámbito forestal, seguido de los residuos industriales,

la mayoría de desechos y basuras orgánicas, y por último biogases y procesos geotérmicos entre otros.

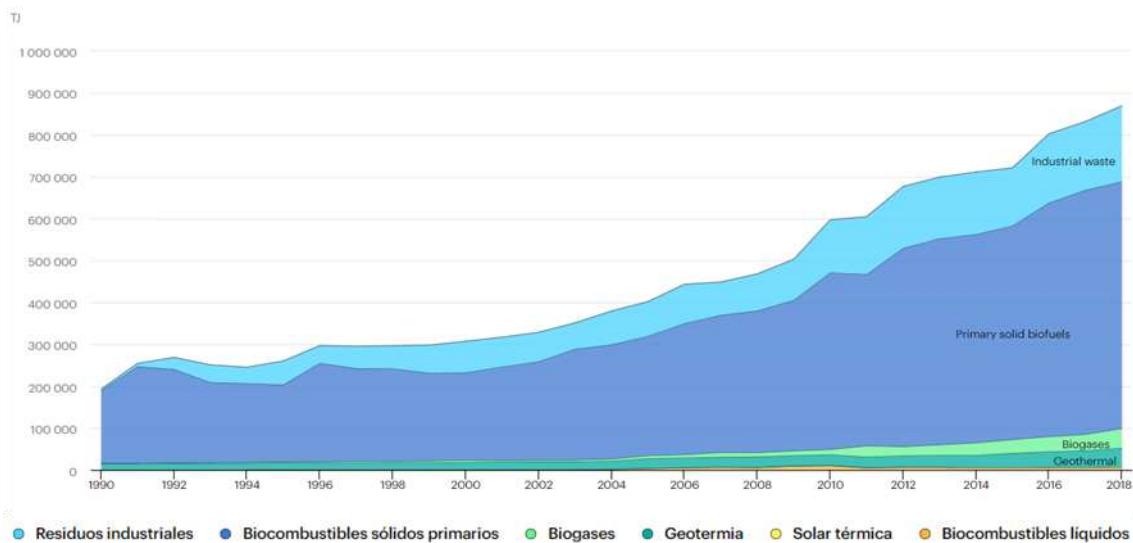


Gráfico 2. Generación de calor (TJ) a partir de biocombustibles y desechos a nivel mundial en el periodo 1990-2018.
(Fuente: International Energy Agency, 2020).

En Europa destaca fundamentalmente el uso de biomasa para la producción de calor, tanto en calderas como en estufas, siendo un porcentaje que ronda el 74,7% de consumo de biomasa para tal fin, la distribución en el uso de la biomasa para fines energéticos y de transporte suponen un 13,4% y 11,9% respectivamente.

El mercado actual de pellet y astilla se encuentra en alza en todo el continente europeo gracias al Marco de actuación en materia de clima y energía hasta el año 2030 de la Unión Europea, que tiene como uno de sus objetivos al menos un 32% de cuota de energías renovables. El auge de este sector, también está motivada por el aumento del precio en los combustibles fósiles, la concienciación ciudadana por el medio ambiente y la crisis económica han motivado la búsqueda de nuevas alternativas más económicas y respetuosas con el planeta. España ha expresado su deseo a la Comisión Europea de apoyar una salida “verde” para la economía Post Covid, lo que se une a la intención de la UE de llegar a un acuerdo para alcanzar objetivos de descarbonización más ambiciosos para 2030.

España es una de las mayores potencias europeas a nivel de recursos de biomasa. Ocupa la tercera posición en Europa en recursos absolutos de biomasa forestal, siendo superados únicamente por Suecia y Finlandia. Cuenta con una superficie forestal de 27.664.674 hectáreas que representan el 57% del total de la superficie nacional, es el país de Europa con mayor incremento forestal a un ritmo de crecimiento anual del 2,2%, superior a la media de la UE (0,51%). Aun así, España tiene la peor ratio de Europa entre capacidad instalada y producción, ya que tiene una de las mayores capacidades de toda Europa en producir biomasa y no es aprovechada en su totalidad por el momento. La agencia internacional de energías renovables indica que el sector que mayor acopio hace de estas energías renovables es el residencial con un 37% del uso total de España, seguido de la industria (29%), el comercio (20%) y el transporte (12%) según los datos de International Renewable Energy Agency (Irena, 2018).

En España se consume menos biomasa que la media europea, según informes de EurObser'ER (2018), España ocupa la posición 22 de la UE-28 en consumo de energía procedente de

biomasa sólida per cápita 0,118 tep/hab. El ranking lo encabeza los países nórdicos, Alemania y Francia tienen consumos per cápita significativamente por encima de los españoles 0,151 y 0,161 tep/hab respectivamente y llama la atención el caso de Portugal que lo duplica (0,235 tep/hab). La energía térmica que se genera (sobre todo mediante combustión) se utiliza para calefacción, producción de agua caliente sanitaria (A.C.S.) y como aporte para determinados procesos industriales. Se aprovecha en edificaciones, en conjuntos de edificios (mediante redes de calor de distrito o district heating) y en industrias. En el ámbito doméstico se utilizan estufas individuales, que pueden ser tanto de aire para calentar una única estancia (como las estufas tradicionales mejoradas y actualizadas a las necesidades de los usuarios actuales) como de agua. En este caso pueden adaptarse al circuito de radiadores o de suelo radiante de la edificación, entre otros sistemas.

El factor de emisión de la biomasa es neutro, pues la comunidad científica ha demostrado que el CO₂ que se emite en la valorización energética es el mismo que se ha acumulado durante el ciclo de vida de la biomasa en cuestión. Cuando se desea aportar calefacción y agua caliente a un conjunto de edificios con un mismo sistema, puede construirse una red de calefacción centralizada. Existen numerosas instalaciones de este tipo en Europa, alimentadas tanto por combustibles fósiles como por biomasas. En España en el año 2021 se han registrado 494 redes de calor de biomasa, lo que supone 26 más que en 2020, con una potencia total instalada de 1.639 MW. Las redes censadas suministran energía a más de 5.800 edificios tanto residenciales como dotacionales e industriales y tienen una extensión de más de 810 Km y 8 de cada 10 redes emplean energías renovables en su mix energético, principalmente biomasa (ADHAC, 2021).

Según el informe estadístico sobre producción y consumo de pellets que realiza AVEBIOM anualmente, se estima que en el 2022 haya una producción de pellets de madera de 900.000 t y un consumo de 800.000 t al año (gráfico 3). El año 2021 es muy atípico y se carecen de datos por parte de AVEBIOM, pero en el último año con datos reales, en el 2019, existían ya 82 plantas de pellets operativas, que producían anualmente en España unas 714.000 t de pellets, y el consumo ese mismo año fue de 675.000 t (AVEBIOM 2021).



Gráfico 3. Evolución del mercado de pellets en España. (Fuente: elaboración propia a partir de datos de AVEBIOM).

El sector de la biomasa en España está creciendo y generando valor económico, social y medioambiental, según el informe de Analistas Financieros Internacionales la valorización energética de biomasas es una fuente de actividad económica con carácter industrial y con alta capacidad de generación de empleo, principalmente en zonas rurales, que es donde se encuentran los recursos de biomasa procedentes de zonas forestales, superficies agrícolas, explotaciones ganaderas e industrias. Esta capacidad de generación de empleo es fundamental para la fijación de población al territorio, permitiendo mantener su actividad económica y fomentando activamente la bioeconomía.

2. Objetivos

El objeto principal del presente proyecto es estudiar si los recursos forestales del municipio de Ampudia (Palencia) son suficientes como para autoabastecer las calderas de biomasa que poseen en las instalaciones públicas y suponen una inversión rentable desde el punto de vista económico. Para ello se analizarán los recursos forestales del Municipio de Ampudia provenientes de las tareas selvícolas en los montes públicos y privados para su transformación en biomasa, además se definirán las características de la maquinaria necesaria para la fabricación de pellets en una línea adaptada a sus capacidades de producción.

La ejecución del proyecto permitiría realizar los cuidados selvícolas correspondientes en los montes del municipio, autoabastecerse energéticamente y generar empleo local. Se pretende además concienciar en la población de los beneficios de la gestión forestal sostenible de los montes para la producción de biomasa, facilitando a los vecinos una energía renovable y local que promueve la economía circular, principios afines a la ODS 7. Energía asequible y no contaminante.

3. Metodología

El término municipal de Ampudia es una población situado al sur de la provincia de Palencia, situada en la región de Castilla y León en España (Imagen 4). Cuenta en 2020 con una población de 537 habitantes lo que equivale a 4,55 habitantes por Km², su población se ha visto reducida en 60 personas en las 2 últimas décadas. La población actual del municipio se mantiene principalmente por la actividad agrícola y los derivados de esta y por la actividad empresarial de servicios tales como los alojamientos turísticos, restaurantes, bares, comercios, etc. Los datos publicados por el Servicio Público de Empleo Estatal en mayo del 2021 el número total de parados es de 16, siendo las personas mayores de 45 años con 9 parados el grupo de edad más afectado por el paro, seguido de los que se encuentran entre 25 y 44 años con 7 parados.



Imagen 4. Localización de Ampudia en la provincia de Palencia. (Fuente: Wikipedia.org).

La superficie arbolada en el municipio contando tanto los montes públicos como los privados es de 2.443,12 ha de un total de 13.717 ha que tiene el municipio, lo que supone que el 17,81% de la superficie de Ampudia es masa forestal (Imagen 5). Según se observa en la tabla 1 en los M.U.P. están formados por coníferas con predominio del *Pinus halepensis* mientras los montes privados las principales especies son las querqueñas.

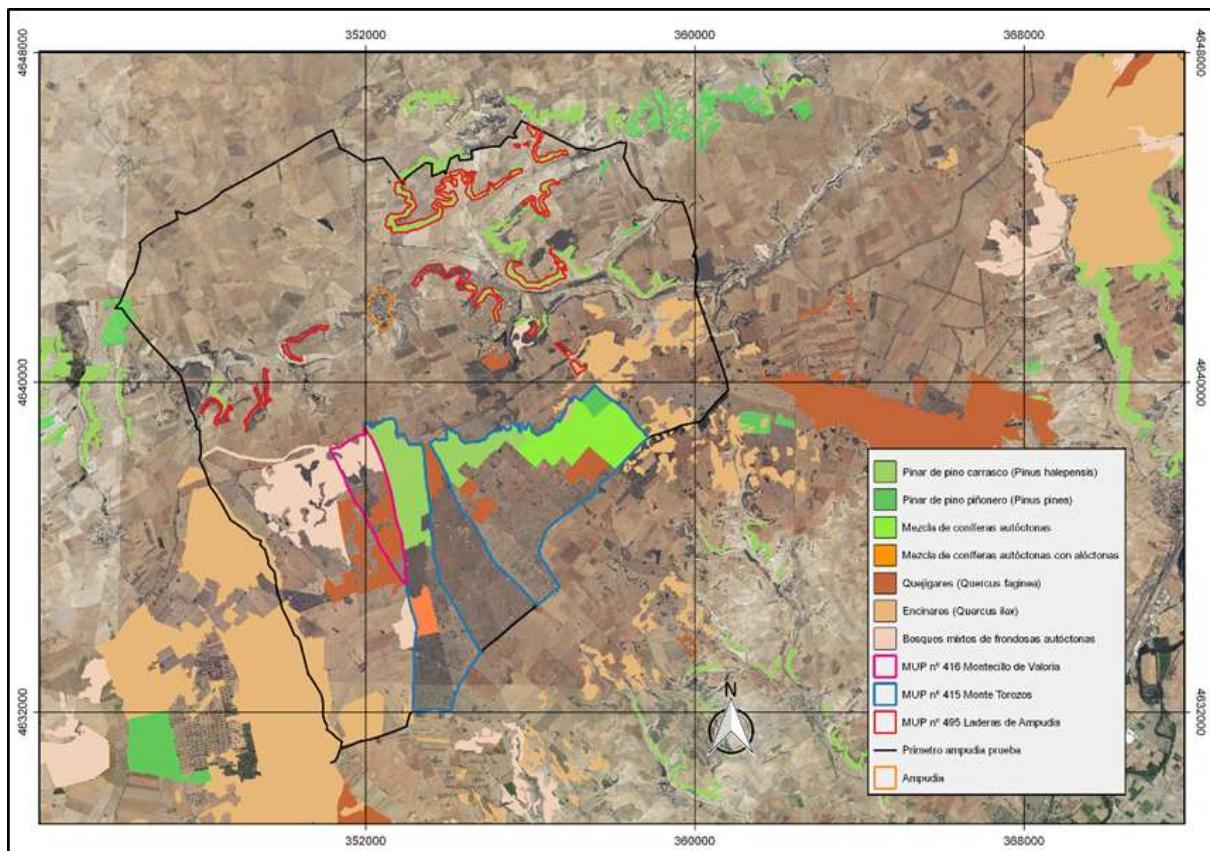


Imagen 5. Mapa forestal público y privado del término municipal de Ampudia. (Fuente: De la Rosa E. 2021).

En la tabla 1 se indican las superficies totales de las diferentes masas forestales públicas y privadas dependiendo de la especie o especies que predominen según los datos aportados por el MITECO (2019) en las capas de WMS utilizadas en el actual estudio. Las masas de coníferas la mezcla de *Pinus pinea* y *Pinus halepensis* representan en torno al 50% de cada especie, en la masa con *P. pinea*, *P. halepensis* y *Cupressus arizonica* representan; el 40% de pinea, 40% de halepensis y 20% de arizonica y en la masa de *Quercus ilex* y *Quercus faginea* un 50% son de cada especie.

Tabla 1. Resumen de las superficies totales de las masas forestales del municipio de Ampudia. (Fuente: MITECO 2019).

Especie	Superficie MUP (ha)	Superficie M Privados (ha)	Total (ha)
Querqus faginea	179,20	213,16	392,36
Quercus ilex	8,36	496,61	504,97
Mixto Quercus faginea y Quercus ilex	77,73	396,68	474,41
Total frondosas	265,29	1106,45	1371,74
Pinus halepensis	567,81	98,96	666,77
Pinus pinea	30,59	24,53	55,11
Mixto Pinus halepensis y Pinus pinea	296,95	0	296,95
Mixto Pinus halepensis y Pinus pinea y Cupressus arizonica	52,55	0	52,55
Total coníferas	947,89	123,49	1071,38

Se calculó el potencial de la biomasa que se puede extraer de los M.U.P. y en los montes privados del municipio para conocer la cantidad de materia prima disponible y analizar si podría ser rentable la inversión en una planta de peletizado semiindustrial. El cálculo se realizó gracias al empleo de las fórmulas que utiliza el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO) para la realización del Inventario Forestal Nacional (IFN). Estas fórmulas en concreto son las del Incremento Anual de Volumen con Corteza (IAVC) según la zona del estudio y las especies a valorar. En el caso de estudio Ampudia (Palencia) las especies analizadas han sido: encina, quejigo, ciprés de Arizona y pino piñonero y carrasco, se indican a continuación las fórmulas para dichas especies:

Pinus pinea y *Cupressus arizonica*: (modelo 13) $IAVC = a + b(D.n. - D.n.m.)$

Pinus halepensis: (modelo 14) $IAVC = p(D.n.)^q$

Quercus ilex y *Quercus faginea*: (modelo 16) $IAVC = a + b(D.n.)^2$

Donde:

- $IAVC$: Incremento Anual de Volumen con Corteza (dm^3).
- a : coeficiente fijo según la especie y zona.
- b : coeficiente fijo según la especie y zona.
- p : coeficiente fijo según la especie y zona.
- q : coeficiente fijo según la especie y zona.
- $D.n.$: Diámetro normal (mm).
- $D.n.m.$: Media aritmética del D.n. (mm).

4. Resultados

En la tabla 2 se muestra el potencial de biomasa en las toneladas por especie en todos los montes del municipio según las fórmulas mencionadas anteriormente. El potencial total de los montes del Municipio es de 1574,03 toneladas de biomasa en verde, para la fabricación de pellets se necesita una biomasa que se debe secar hasta un bajo porcentaje de humedad (7-10%), lo que supone que rendimiento en peso disminuye, por otra parte, durante el proceso de peletizado; a peo, recogida, transporte y transformación final se produce una pérdida de rendimiento que se estima en torno al 20% (Mayans J. 2019). Así pues, el potencial de biomasa para pelletizado considerando las pérdidas de peso por humedad y rendimiento suponen un total de 629 toneladas.

Tabla 2. Resumen del potencial de biomasa disponible según especies en los montes del Municipio de Ampudia.

Masa	Especie	D.n. mm	% de C.D.	Pies /ha	IAVC (dm^3)	m^3/ha D.n.	m^3/ha	ha totales	m^3 totales	tonelada totales MUP	TOTAL (t)	
Coníferas	<i>P. pinea</i>	250	45	115	8,34	0,96	2,68	55,11	147,60	87,97	1.348,02	
		350	55	140	12,28	1,72						
	<i>P. halepensis</i>	250	45	115	5,47	0,63	1,83	484,28	884,02	484,44		
		350	55	140	8,55	1,20						
		250	100	1018	5,47	5,57	5,57	182,49	1.015,95	556,74		
	Mezcla de	250	45	115	6,90	0,79	2,25	296,95	668,68	193,61		

	<i>pinea y halepensis (50-50)</i>	350	55	140	10,41	1,46					
	<i>Mezcla de pinea, halepensis y C. arizonica (40-40-20)</i>	250	100	255	7,19	1,83	1,83	52,55	96,33	25,26	
Frondosas	<i>Quercus faginea</i>	150	100	175	1,05	0,18	0,18	392,36	72,13	60,51	226,01
	<i>Quercus ilex</i>	250	45	115	8,34	0,96	0,17	504,97	87,71	87,71	
	<i>Mezcla encina y quejigo (50-50)</i>	350	55	140	12,28	1,72	0,18	474,41	84,80	77,78	
TOTAL							2.443,12	2.812,59			1.574,03

La elección del proceso de fabricación de pellets semiindustrial y las características de la maquinaria se ha realizado utilizando una matriz multicriterio teniendo en cuenta factores; económicos, de rendimiento de la maquinaria y aprovechamiento de los recursos disponibles (De la Rosa, E 2021).

Se realizó un estudio de alternativas de la maquinaria necesaria para la producción de 629 t/año de pellets de calidad ENPlus para el consumo de pellets del Ayuntamiento de Ampudia y la venta del resto a vecinos del pueblo y alrededores. La demanda de energía para calefacción en los edificios municipales de Ampudia se concentra en 3 instalaciones; el Edificio Antiguo Hospital de Santa M^a de Clemencia, el edificio antiguo del ayuntamiento y una caldera ubicada en la Colegiata de San Miguel. Los pellets no consumidos por el ayuntamiento se venderían a los vecinos del municipio y resto de habitantes de los pueblos próximos. La línea de producción de pellets daría trabajo a 3 personas y supondría una gestión sostenible de la madera de los montes del Municipio evitando el riesgo de incendio.

Se realizó un estudio económico de la inversión considerando los costes de transporte y recolección según datos de BIORAISE 2021 en un radio de 10 Km y para 20 años de amortización de la maquinaria (AEAT 2021). Los gastos totales de la maquinaria escogida para la supuesta realización de una planta de pellets en Ampudia ascienden a un total de 248.001,0 €, contando con que el propio ayuntamiento dispone de alguna máquina como son el tractor agrícola y un remolque. En la tabla 3 se detalla la maquinaria necesaria y el precio de adquisición.

Tabla 3. Relación de maquinaria para la fabricación de pellets y costes

Maquinaria	Precio unidad (€)	Unidades	Precio Total (€)
Motosierra Stihl MS 201 C-M	769	2	1.538,00
Descortezadora CAMBIO 85-66 A	50.000,00	1	50.000,00
Astilladora Caravaggi CIPPO25	20.031,00	1	20.031,00
Cribadora RS 2X0,5/4F	8.000,00	1	8.000,00
Secadero rotativo tromel y caldera de	28.800,00	1	28.800,00

policombustible			
Tolva de alimentación	-	1	
Refinador de cuchillos RC800	-	1	
Recuperador de finos CRT100	-	1	
Peletizadora PLT800	-	1	
Tamiz vibratorio VBR300	-	1	
Cintas transportadoras	-	3	
Dosificador de aditivos	-	1	
Ensacadora PKG1000	7.500,00	1	7.500,00
Carretilla elevadora HC SERIE XR	18.513,00	1	18.513,00
TOTAL			248.001,00

Además, se han calculado los costes en salarios del personal de la planta en 44.576,21 €/año como costes fijos también. Los gastos de recolección y transporte están calculados también como costes fijos anuales, estos ascienden a un total de 29.058,37 €/año. Los gastos en equipos de seguridad y salud básicos que habrá que reponerse cada cierto tiempo, este período se estipulará en 3 años aproximadamente, siendo estos gastos de 1.134,86 €, si se divide en 3 años, se calcula el gasto anual de estos equipos de seguridad en 378,29 €/año. El total de gastos anuales se muestra en la tabla (4).

Tabla 4. Costes totales anuales (€) de la planta de pellets.

Tipo de coste	Gasto anual (€/año)	Gasto anual TOTAL (€/año)
Mano de obra	75.567,56	
Recolección	25.783,58	
Transporte	3.274,79	
Seguridad y salud	378,29	
Maquinaria	11.474,40	116.478,61

Una vez definidos los gastos y los ingresos anuales se pasan a conocer los beneficios anuales aportados por la venta exclusiva de pellets en el caso de producirlos con biomasa de los M.U.P. y de los montes de todo el término (tabla 5).

Tabla 5. Beneficios anuales (€) de la empresa de peletizado con biomasa de M.U.P. y Montes privados y públicos.

	M.U.P.	Montes privados y públicos
Ingresos totales año	128.928,44 €	164.340,03 €
Gastos totales año	- 85.487,27€	- 85.487,27€
Diferencia	12.449,83 €/año	47.861,41 €/año

Por lo tanto, en el caso de producir pellets de los M.U.P. se sacaría unos beneficios anuales aproximados de 12.449,83 €/año, un valor aceptable, además de mantener un cuidado regular de sus montes, ofrecer puestos de trabajo a la población del municipio, ofrecer un biocombustible como el pellet a un precio muy económico para los habitantes de la villa y autoabastecer las propias

calderas municipales con sus propios pellets. En el caso de producir pellets con biomasa de todos los montes de Ampudia, los beneficios anuales serían de 47.861,41 €/año, superando con creces los beneficios estipulados para un aprovechamiento único de los M.U.P. pero con la contra de tener que contactar con los propietarios de esos montes privados y llegar a un acuerdo para su aprovechamiento.

Cabe destacar que se aprovecharían los propios montes del municipio, lo que supondría una gestión sostenible de la madera de estos montes, aportando beneficios económicos y evitando en gran medida el riesgo de incendios.

5. Discusión

Se ha calculado el potencial de biomasa forestal del total de los montes del Municipio en 1574,03 toneladas. Se ha definido la maquinaria necesaria para una línea de producción de pellets semi industrial para una producción de 629 t/año que abastecería los gastos de energía de las instalaciones del Municipio con un excedente de pellets para vender a vecinos de Ampudia y pueblos próximos y que generaría 3 puestos de trabajo. Se podría aumentar la capacidad de producción de la línea de pellets usando biomasa agrícola procedente de los cultivos de cereales y restos de sarmientos del Municipio.

6. Conclusiones

El estudio confirma que es posible el autoabastecimiento energéticamente de los edificios públicos del ayuntamiento de Ampudia con la propia biomasa de los Montes del municipio y que resulta rentable la instalación de una planta semiautomática de pellets para una producción anual de unas 629 t/año. La obtención de la materia prima y su posterior transformación sería gestionada por el propio ayuntamiento, el cual se encargaría de realizar las tareas de; señalización de pies, apeo, transporte, acopio en fábrica, la transformación en pellets de esta biomasa forestal y su posterior venta al público.

El presente proyecto ofrece una alternativa sostenible y renovable al uso de los combustibles fósiles del ayuntamiento de Ampudia. Se pretende obtener un beneficio económico, fijar población y crear puestos de trabajo en el medio rural. La instalación de una planta de pellet semiindustrial, es una apuesta por una fuente de energía natural en alza y apta para su consumo final en calderas de combustión tanto domésticas como industriales.

7. Bibliografía

AVEBIOM; 2021. Informes de producción de pellets en España. Disponible en <https://www.avebiom.org/proyectos/informes/informe-pellets-2020>

ADHAC; 2021. Asociación de empresas de redes de calor y frío. <https://www.adhac.es/news.php?id=185>

Analistas Financieros Internacionales; 2018. Balance socioeconómico de las biomasas en España 2017-2020. Disponible en http://www.unionporlabiomasa.org/archivos/Balance_Biomasas.pdf

AGENCIA TRIBUTARIA. AEAT.; 2021. Tabla de coeficientes de amortización lineal. - https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/_Segmentos/_Empresas_y_profesionales/Empresas/Impuesto_sobre_Sociedades/Periodos_impositivos_a_partir_de_1_1_2015/BASE_imponible/Amortizacion/Tabla_de_coeficientes_de_amortizacion_lineal.shtml

BIORASE CIEMAT; 2021. [Software]. <http://bioraise.ciemat.es/Bioraise/home/main>

DE LA ROSA, E.; 2021. Estudio de viabilidad de la biomasa de los montes de Ampudia (Palencia) para el autoabastecimiento de las instalaciones municipales. Trabajo fin de carrera del Máster Universitario en Ingeniería de Montes de la E.T.S.I.I.A.A. Universidad de Valladolid.

EurObser'E; 2018. Solid Biomass Barometer. Disponible en <https://www.eurobserver.org/solidbiomass-barometer-2018/>

IRENA; 2018. <https://irena.org/publications/2018/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2018>

MAYANS J.J.; 2019. Gestión integral de la biomasa en la interfaz Urbano-Forestal en el ámbito supramunicipal y sus efectos en la lucha contra el cambio climático, Red Natura 2000 y prevención de incendios forestales. Tesis Doctora de la Universidad de Valencia.

MITECO.; 2008. Ámbito Físico-Natural del IFN.

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/34_Palencia_tcm30-293892.pdf

MITECO.; 2019. Estadística anual del balance de crecimiento – cortas o extracciones. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/31-balance-crecimiento-con-cortas-extracciones_tcm30-207497.pdf

World Bioenergy Association; 2020.

https://worldbioenergy.org/uploads/181203%20WBA%20GBS%202018_hq.pdf