

LA BIOMASA PROCEDENTE DE LAS PODAS DEL OLIVAR EN MÁGINA

A. Medina y J. C. Hernández

RESUMEN

Las energías renovables (EE.RR.) han contribuido en los últimos años a una mayor diversificación energética y, en el caso de Andalucía, a un mayor autoabastecimiento. Para ello, desde la Administración se promueven programas de apoyo a éstas energías con el fin de lograr los objetivos marcados en el Libro Blanco de las EE.RR. (previsión para el año 2010 de una participación de las EE.RR. del 12% en términos de energía primaria).

La biomasa es entre todas las EE.RR. la que contribuye en mayor medida al consumo de energía primaria en nuestra comunidad en la actualidad. En la provincia de Jaén, debido a la importancia del cultivo del olivar, se plantea el aprovechamiento energético de los subproductos obtenidos en la poda del olivo. La práctica de la poda es bien conocida y practicada desde antaño y de la misma se obtienen dos tipos de subproductos: la leña como la fracción más gruesa (usada para calefacción) y la fracción más fina, denominada astilla o "ramón" que en la actualidad no tiene ningún aprovechamiento; es a esta fracción a la que nos referimos como combustible de posibles plantas de producción de energía eléctrica y/o térmica.

En el caso de Jaén la producción de biomasa de poda del olivar está en torno a 3.000 Kg./ha cada 2 años (23% leña, 51 % ramas y 26% hojas) y se produce en un periodo muy corto una enorme cantidad, siendo la práctica habitual la quema in situ.

SUMMARY

Renewable Energy RE has contributed in the last years in Andalusia to the energy diversification and the increasing of the self-supplying in the region.

Andalusia Administration has supported some programmes to encourage these energies. Our region is prepared to reach the aims marked in the Renewable Energy White Paper: the 12% primary energy consumed in the European Union will come from renewable energy at 2010. Biomass is RE with the highest contribution to the primary energy consumption in Andalusia.

The remains from pruning can be directed into firewood (of a considerable size) and other minor residues. Firewood has a good market for generation in heating purposes and small craft industries. Smaller residues (branches) are used in gasification plants for thermal uses and/or electricity generation. Previously, they are transformed into liquid or gaseous fuels more prone for the use in internal combustion engines. In the case of Jaén, the average olive tree pruning production ranges about 3.000 Kg./ha biannually (23% wood, 51 % branches and 26% leaves). It is produced in a punctual period just after harvesting of the product. Therefore, in a short period of time, a large amount of residue is generated which is usually burnt in the crop fields as the main system of elimination.

Due to the importance of the olive grove in Jaén province, different technologies used for the transformation are located in the province yet.

En este estudio se ha procedido a hacer una evaluación del potencial en la Comarca de Sierra Mágina determinando así el ramón obtenido con el que se podría abastecer una planta de gasificación para producir un gas adecuado para mover a un motor de combustión interna. La potencia de las plantas de gasificación serían de 1 a varios MW. Finalmente se analiza la solución propuesta bajo criterios de rentabilidad basados en el valor actualizado neto (VAN) obtenido para el proyecto y en la tasa de retorno interna (TIR).

Palabras clave: Biomasa, gasificación, subproductos de la poda del olivar, energía renovable.

The use of olive pruning residues in industrial-scale plants requires lines of research and development on the collection, handling, processing, transport and storage of the biomass produced.

This paper presents the evaluation of the theoretical potential of these residues in the region of "Sierra Mágina" and the potential power of a gasification plant localized in the best allocation. The proposed solution is analyzed taking into account the profitability of net present value of the project and the Internal Rate of Return (IRR).

Keywords: olive pruning residues, biomass, renewable energy, gasification.

1. INTRODUCCIÓN

La política energética de la Comunidad Autónoma se plasma en el Plan Energético de Andalucía (PLEAN) 2003-2006, donde se apuesta por nuevos modos de intervención bajo las premisas de la sostenibilidad de los modelos, la racionalización de la demanda y el respeto al medio ambiente, basando sus objetivos en la diversificación de fuentes, el ahorro y eficiencia energética, y el desarrollo energético, social y tecnológico.

El sistema energético que propone el PLEAN contribuye de manera importante al cumplimiento de los compromisos adquiridos por la Unión Europea en el Protocolo de Kioto, cifrados en la reducción en un 8% respecto al año 1990 de las emisiones de gases causantes del efecto invernadero durante el período 2008-2012, en el conjunto de la Unión Europea.

El Plan se sustenta en cuatro pilares básicos: el fomento de las energías renovables, la promoción efectiva de medidas en favor del ahorro y la eficiencia energética, la extensión y mejora de la infraestructura y la creación de líneas de investigación, desarrollo en innovación de nuevas tecnologías energéticas.

El cumplimiento de los objetivos asociados a cada uno de estos cuatro pilares dará lugar al establecimiento de un modelo energético para Andalucía mucho más eficiente y diversificado en el territorio, potenciando de esta manera el respeto al medio ambiente, la mejora de la competitividad del tejido industrial, el aprovechamiento de recursos propios y por tanto el grado de autoabastecimiento, la garantía y calidad del suministro de energía, y la cohesión social.

Autoabastecimiento energético. La cantidad de energía primaria generada en Andalucía ascendió en el año 2000 a 1.920,4 ktep. De esta cantidad, 1.517,1 ktep. fue consumida dentro de la Comunidad Autónoma Andaluza. Por fuentes, la mayor aportación a la estructura de consumo de energía primaria andaluza proviene de las energías renovables, especialmente de la biomasa, con 876,3 ktep.

Fomento de las energías renovables. Las energías renovables en Andalucía presentan un potencial nada desdeñable para incrementar el autoabastecimiento energético y disminuir las emisiones derivadas de la combustión de fuentes fósiles, además de otros beneficios sociales tales como la creación de empleo y el desarrollo de zonas deprimidas. Su implantación exige esfuerzos políticos y económicos extremadamente importantes, que deben ir acompañados de una verdadera política de control de la demanda encaminada a racionalizar y estabilizar el consumo de energía.

Las razones anteriores hacen que Andalucía no pueda permitirse despreciar las energías renovables, y es por eso por lo que el Gobierno Andaluz, en el marco del Plan Energético, hace una apuesta muy ambiciosa por el fomento de estas energías, asumiendo el siguiente compromiso, dejar trazado el camino para que el 15% de la energía total demandada por los andaluces en el año 2010 tenga su origen en fuentes renovables.

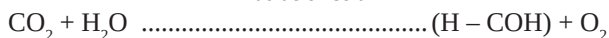
	Situación en Andalucía a 31/12/2000 (paramétrica)	Situación en Andalucía en el 2005 (paramétrica)	Situación en Andalucía en el 2010 (paramétrica)
Energía solar térmica (a ²)	130.552	411.552	1.046.552
Energía solar fotovoltaica (MWp)	3.618	10.500	23.801
Energía termosolar (MW)	0	900	250
Energía eólica (MW)	146,2	2.100	4.000
Energía hidráulica régimen especial (MW)	78	902	128
Energía hidráulica régimen ordinario (excluidas centrales de bombas) (MW)	475	436	436
Biomasa generación eléctrica (MW)	51	964	250
Biomasa usos térmicos (ktep)	638	643	649
Biocombustibles (ktep)	0	90	210

La implicación de cada una de las tecnologías renovables en la consecución de este objetivo se muestra en el anterior gráfico.

2. LA BIOMASA DENTRO DEL PLAN ENERGÉTICO ANDALUZ

La biomasa es toda sustancia orgánica renovable de origen tanto animal como vegetal, resultantes del proceso de fotosíntesis y que son susceptibles de degradación con la consiguiente liberación de energía.

Radiación solar



El aprovechamiento de cualquier tipo de biomasa conlleva un estudio de logística de recogida en el que se analiza los costes y rendimientos de las maquinarias utilizadas así como un minucioso estudio de rentabilidad económica-financiera para ver si, la puesta en marcha de la planta que se decida instalar, resulta ser rentable en función de las condiciones establecidas.

La biomasa es una fuente de energía renovable muy abundante en Andalucía, el aprovechamiento del potencial disponible equivaldría al 21% de la energía que consumimos los andaluces. Los posibles tipos de biomasa existentes son diversos, pudiéndose agrupar en los que se muestran en la figura 2.

Tipo biomasa	Procedencia	Ejemplos en Andalucía
Residuos agrícolas	Restos de cosechas	Poda olivar Cañote girasol Restos algodón Restos hortalizas Restos cultivos invernaderos
Residuos forestales	Restos generados en los trabajos selvícolas.	Pinos Encinas Alcornocales
Residuos industriales	Transformación de productos agrícolas y restos de primera y segunda transformación de la madera	Orujillo Hueso de aceituna Cáscaras frutos secos Cáscarilla arroz Virutas Recortes de madera Astilla
Residuos biodegradables	Instalaciones agropecuarias, restos municipales	Residuos de animales Aguas residuales Restos de jardines
Cultivos energéticos	Cultivos específicos para producción de energía	En investigación

En la actualidad, es la energía que más aporta al conjunto de todas las renovables en Andalucía en torno a un 90% del total. Los usos térmicos suponen 638.000 tep mientras que para generación eléctrica se emplean unos 150.000 tep.

En generación eléctrica, el objetivo del presente Plan Energético es lograr en el 2010 una potencia instalada en biomasa de 250 MW, alcanzando la cifra de 164 MW en el año 2006. Para ello se plantean un total de 24 instalaciones con una potencia media de 10,4 MW, utilizándose en la mayoría de las plantas biomasa procedente del sector oleícola, fundamentalmente de la obtención de aceite de oliva (orujo y orujillo).

En cuanto a usos finales térmicos, para el año 2010 se prevé que el consumo de biomasa se eleve hasta 649.000 tep. Para alcanzar este objetivo aproximadamente unos 40.000 tep/año deberán ser suministrados mediante el uso en calefacción de instalaciones de uso terciario, doméstico y otras industrias.

En Andalucía existe una potencia eléctrica instalada de 113,4 MW con la que se genera anualmente 850 GWh (el equivalente en electricidad al consumo de 170.000 familias) y en fase de construcción existen 32 MW más y desde no hace demasiado tiempo están proliferando y operando empresas especializadas en la promoción y desarrollo de plantas de generación de electricidad con biomasa.

3. EL OLIVAR Y SU PODA.

El olivar es, sin duda, el cultivo más emblemático de Andalucía, de él se obtienen algunos de los alimentos más preciados de cuantos se generan en la zona mediterránea, el aceite de oliva y la aceituna de mesa. En Andalucía existe actualmente una superficie en torno a 1,4 millones de hectáreas dedicadas al cultivo del olivar, esta cifra representa un tercio de la superficie agrícola total de la comunidad autónoma andaluza.

La poda de los árboles es una práctica habitual en el cultivo del olivar, y se realiza anualmente (olivar de mesa) o bianualmente (olivar de almazara). Los tipos de poda que se realizan, se pueden clasificar en: poda de formación, poda de producción o poda de renovación. A través de la práctica de la poda del olivar, se generan leñas y ramones (fracción más fina: astillas y hoja). Las leñas (de diámetro mayor de 7 cm.) se usan como combustible para aplicaciones domésticas (calefacción o cocina) e industrias artesanales. La astilla puede tener uso para alimentación animal, pero la práctica usual y más frecuentemente es su amontonado y posterior incineración en el campo sin ningún aprovechamiento. Desde algún tiempo atrás en algunas zonas olivareras se está astillando e incorporando al suelo, aunque no es una práctica muy habitual en zonas típicas olivareras

A las ventajas ambientales que conlleva el uso de la biomasa, se unen los beneficios socioeconómicos asociados a ser una fuente autóctona, al hecho de tratarse de un residuo que presenta problemas de eliminación, y a producirse en zonas agrícolas las cuales, pudieran encontrar en el aprovechamiento energético de estos subproductos, una opción adicional para su desarrollo económico.

En primer lugar, vamos a cuantificar la biomasa procedente de las podas del olivar que resultarían rentable de extraer en la comarca de Sierra Mágina con fines de aprovechamiento energético¹ y, a posteriori, evaluar la posibilidad de implementar pequeñas plantas de gasificación que consuman los restos de la poda tras haber sido astillados y acondicionados y de esta manera, promover la generación de energía eléctrica y/o térmica en el entorno de la comarca de Mágina.

¹ Se han usado datos del Registro Oleícola Español (ROE) para determinar el número de olivos y la superficie según los rangos de pendiente. Sólo se estudiarán las zonas de olivar de pendiente inferior al 20%, distinguiéndose a su vez dos rangos del 0 al 10% y del 10% al 20%

4. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA CUANTIFICAR LAS PODAS.

En todos los estudios realizados hasta la fecha como única herramienta para cuantificar o estimar el potencial de biomasa procedente de la poda del olivar, se ha utilizado las relaciones existentes entre la producción de biomasa y el rendimiento de cosecha de aceituna (Civantos)².

Las relaciones utilizadas son las siguientes:

- Cuantificación del ramón:

$$y_1 = 0,88 x + 4,76$$

- Cuantificación de la leña:

$$y_2 = 0,74 x - 6,48$$

donde:

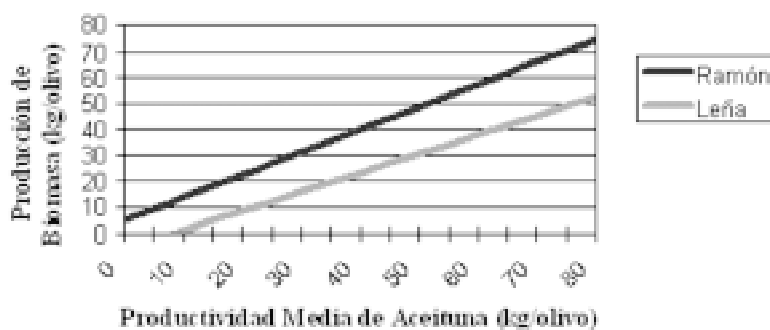
x = productividad media (Kg. de aceituna/olivo).

y_1 =cantidad de ramón que se puede extraer de un olivo que produzca x kilogramos de aceituna.

y_2 =cantidad de leña que se puede extraer de un olivo que produzca x kilogramos de aceituna.

Con estas dos ecuaciones y conociendo la productividad media se puede estimar la cantidad de biomasa que genera un olivo. Al realizarse la poda con una periodicidad bianual, los valores obtenidos de estas ecuaciones deberán ser divididos por dos, obteniéndose la biomasa anual por olivo.

Gráfico 1: Relación entre Producción media de Aceituna y Peso en Fresco de la Biomasa Obtenida del Olivar



² Fuente: Civantos, L. (1.981) "Aprovechamiento de ramones y de leña en el olivar". Agricultura, 585

En la figura 3 se relaciona la producción media de aceituna con el peso en fresco de los materiales obtenidos en la poda de renovación de olivos adultos de la variedad Picual, representado por la recta de regresión.

En las tablas que se muestran a continuación emplearemos las siguientes unidades,

- o Productividad: Kg. de aceitunas por olivo
- o Superficie de olivar: hectáreas (Ha)
- o Ramón: Kg.
- o Leña: Kg.

5. PRODUCTIVIDAD MEDIA DE ACEITUNA EN LA COMARCA DE SIERRA MÁGINA.

En el cálculo de la biomasa de la poda del olivar, la única variable que se introduce en las dos ecuaciones anteriores es la productividad media (Kg. de aceituna / olivo), de aquí su relevancia.

Los municipios que se han considerado son: Albánchez de Mágina, Bedmar y Garcíez, Bélmez de la Moraleda, Cabra del Santo Cristo, Cambil, Huelma, Jimena, Jódar, Larva, Torres, Pegalajar, La Guardia y Mancha Real

Para un correcto conocimiento de la productividad media del olivar en la provincia de Jaén, se ha optado por realizar la media de las campañas 96/97, 97/98 y 98/99, en las que la producción total de aceituna es similar, a la vez que se asemejan a las futuras campañas.

Poblaciones	Productividad			
	96/97	97/98	98/99	Media
Comarca Sierra Mágina				
Albánchez de Mágina	33,69	60,85	27,16	40,57
Bedmar y Garcíez	27,70	41,94	29,35	33,00
Bélmez de la Moraleda	17,72	43,21	15,98	25,64
Cabra del Santo Cristo	14,05	24,85	11,81	16,90
Cambil	18,82	43,61	14,02	25,48
Huelma	12,95	27,04	9,97	16,65
Jimena	27,30	45,96	35,71	36,32
Jódar	32,55	48,26	32,12	37,64
Larva	12,87	13,50	12,87	13,08
Torres	26,99	49,62	30,58	35,73
Mancha Real	29,84	42,18	32,36	34,79
Guardia de Jaén (La)	26,31	34,60	31,38	30,76
Pegalajar	19,16	33,50	24,36	25,67

6. SUPERFICIES DE OLIVAR EN LA COMARCA DE SIERRA MÁGIMA POR RANGOS DE PENDIENTES Y NÚMERO DE OLIVOS.

Debido a la imposibilidad por razones económicas y técnicas de la mecanización del olivar con pendiente superior al 20%, estas superficies se desprecian en el cálculo de la biomasa de la poda del olivar. A su vez, se distinguen entre el olivar con una pendiente superior e inferior al 10%, al ser los costes de extracción de la leña y el ramón diferentes. Así los rangos de pendientes considerados son: $0\% \leq \text{Rango 1} < 3\%$; $3\% \leq \text{Rango 2} < 10\%$; $10\% \leq \text{Rango 3} < 20\%$; $20\% \leq \text{Rango 4}$; $\text{Rango 5} \rightarrow \text{Terrazas}$

Poblaciones	Superficie por rangos de pendientes "Campaña 99/00"					
	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4	Rango 5	Total
Comarca Sierra Mágina						
Albánchez de Mágina	3,62	114,00	359,21	680,44	0,72	1157,99
Bedmar y Garcéz	2,48	2558,80	3469,58	1351,08	3,35	7385,29
Bélmez de la Moraleda	0,13	345,78	441,58	866,34	82,14	1735,97
Cabra del Santo Cristo	379,41	1840,86	1414,16	586,88	154,55	4375,86
Cambil	33,64	718,47	1209,03	3128,02	282,90	5372,06
Huelma	43,65	1637,14	2531,54	5504,78	5,75	9722,86
Jimena	0,70	620,87	1515,08	1509,38	4,57	3650,60
Jódar	9,18	3391,31	2124,79	1116,59	12,77	6654,64
Larva	150,58	230,43	337,35	343,91	3,18	1065,45
Torres	8,16	672,32	1432,87	1517,54	78,78	3709,67
Guardia de Jaén (La)	57,31	250,51	1258,15	1424,81	20,47	3011,25
Pegalajar	27,45	341,87	965,07	2679,35	85,24	4098,98
Total de superficie	716	12.722	17.058	20.709	734	51.941

Fuente: AEMO. Diputación Provincial de Jaén.

SUPERFICIES Y NÚMERO DE OLIVOS APROVECHABLES CON PENDIENTES 0-10%

<i>Poblaciones</i>	<i>Campaña 99/00</i>		
	<i>Superficie aprovechable (Has)</i>	<i>Densidad (olivos/Ha)</i>	<i>Olivos</i>
<i>Comarca Sierra Mágina</i>			
Albánchez de Mágina	117,61	127,6	15.007
Bedmar y Garciez	2561,28	119,8	306.841
Bélmez de la Moraleda	345,91	119,1	41.198
Cabra del Santo Cristo	2220,26	175,9	390.544
Cambil	752,12	110,5	83.109
Huelma	1680,79	129,2	217.158
Jimena	621,57	119,7	74.402
Jódar	3400,49	117,8	400.578
Larva	381,01	154,9	59.018
Torres	680,49	126,2	85.878
Guardia de Jaén (La)	307,81	118,3	36.414
Pegalajar	369,32	126,7	46.793
Total de olivos	13.439		1.756.940

Fuente: AEMO. Diputación Provincial de Jaén.

SUPERFICIES Y NÚMERO DE OLIVOS APROVECHABLES CON PENDIENTES 10-20%

<i>Poblaciones</i>	<i>Campaña 99/00</i>		
	<i>Superficie aprovechable(Has)</i>	<i>Densidad (olivos/Ha)</i>	<i>Olivos</i>
<i>Comarca Sierra Mágina</i>			
Albánchez de Mágina	359,21	127,6	45.835
Bedmar y Garciez	3469,58	119,8	415.656
Bélmez de la Moraleda	441,58	119,1	52.592
Cabra del Santo Cristo	1414,16	175,9	248.751
Cambil	1209,03	110,5	133.598
Huelma	2531,54	129,2	327.075
Jimena	1515,08	119,7	181.355
Jódar	2124,79	117,8	250.300
Larva	337,35	154,9	52.256
Torres	1432,87	126,2	180.828
Guardia de Jaén (La)	1258,15	118,3	148.839
Pegalajar	965,07	126,7	122.274
Total de olivos	17.058	1.546	2.159.359

Fuente: AEMO. Diputación Provincial de Jaén.

En las tablas anteriores se ha detallado las superficies y número de olivos aprovechables desde el punto de vista de su biomasa, tomándose como campaña de referencia la 99/00, al poseer información detallada de ésta.

7. CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PODA DEL OLIVAR EN PROVINCIA DE JAÉN.

Introduciendo las productividades medias obtenidas en la campaña mencionada, en las anteriores ecuaciones y teniendo en cuenta el número de olivos aprovechables se obtiene la cantidad de ramón y de leña en los dos rangos de pendientes utilizables “pendientes inferiores al 10% y pendientes comprendidas entre el 10% y el 20%” como se muestra en las siguientes tablas.

ESTIMACIONES DE LOS RESIDUOS DE LA PODA
DEL OLIVAR EN PENDIENTES <AL 10%

<i>Poblaciones</i>	<i>Campaña 99/00</i>			
	<i>Productividad</i>	<i>Nº olivos</i>	<i>Ramón</i>	<i>Leña</i>
<i>Comarca Sierra Mágina</i>				
Albánchez de Mágina	40,57	15.007	303.604	176.646
Bedmar y Garcéz	33,00	306.841	5.185.613	2.752.364
Bélmez de la Moraleda	25,64	41.198	562.831	257.3566
Cabra del Santo Cristo	16,90	390.544	3.833.580	1.176.709
Cambil	25,48	83.109	1.129.551	514.245
Huelma	16,65	217.158	2.107.736	634.210
Jimena	36,32	74.402	1.366.080	758.781
Jódar	37,64	400.578	7.587.588	4.280.897
Larva	13,08	59.018	480.123	94.405
Torres	35,73	85.878	1.554.495	857.071
Guardia de Jaén (La)	30,76	36.414	579.507	296.454
Pegalajar	25,67	46.793	639.885	292.826
Total		1.756.940	25.330.593	14.408.174

ESTIMACIONES DE LOS RESIDUOS DE LA PODA
DEL OLIVAR EN PENDIENTES ENTRE 10-20%

<i>Poblaciones</i>	<i>Campaña 99/00</i>			
	<i>Productividad</i>	<i>Nº olivos</i>	<i>Ramón</i>	<i>Leña</i>
<i>Comarca Sierra Mágina</i>				
Albánchez de Mágina	40,57	45.835	927.279	539.519
Bedmar y Garcéz	33,00	415.656	7.024.587	3.728.434
Bélmez de la Moraleda	25,64	52.592	718.491	328.532
Cabra del Santo Cristo	16,90	248.751	2.441.740	749.487
Cambil	25,48	133.598	1.815.757	826.651
Huelma	16,65	327.075	3.174.590	955.223
Jimena	36,32	181.355	3.329.823	1.849.531
Jódar	37,64	250.300	4.741.082	2.674.906
Larva	13,08	52.256	425.113	83.589
Torres	35,73	180.828	3.273.204	1.804.682
Guardia de Jaén (La)	30,76	148.839	2.368.683	1.211.728
Pegalajar	25,67	122.274	1.672.072	765.178
Total		2.159.359	31.912.421	15.517.460

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos facilitados por AEMO, Diputación Provincial de Jaén y Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía en Jaén.

ESTIMACIONES DE LOS RESIDUOS DE LA PODA DEL OLIVAR
EN PENDIENTES ENTRE 0%-20%

<i>Poblaciones</i>	<i>Campaña 99/00</i>			
	<i>Productividad</i>	<i>Nº olivos</i>	<i>Ramón</i>	<i>Leña</i>
<i>Comarca Sierra Mágina</i>				
Albánchez de Mágina	40,57	60.844	1.230.923	716.189
Bedmar y Garcéz	33,00	722.497	12.210.199	6.480.798
Bélmez de la Moraleda	25,64	93.790	1.281.321	585.887
Cabra del Santo Cristo	16,90	639.294	6.275.310	1.926.192
Cambil	25,48	216.706	2.945.295	1.340.890
Huelma	16,65	544.233	5.282.325	1.589.432
Jimena	36,32	255.757	4.695.903	2.608.312
Jódar	37,64	650.878	12.328.671	6.955.803
Larva	13,08	111.274	905.236	177.994
Torres	35,73	266.705	4.827.681	2.661.743
Guardia de Jaén (La)	30,76	185.253	2.948.190	1.508.182
Pegalajar	25,67	169.067	2.311.957	1.058.004
Total		3.916.298	57.243.011	27.609.426

RESUMEN

<i>Producción de leña por rangos de pendiente</i>			
	Kg. de leña 0-10%	Kg. de leña 10-20%	Kg. de leña Total
<i>Sierra Mágina</i>	14.408.174	15.517.460	29.925.634
<i>Producción de ramón por rangos de pendiente</i>			
	Kg. de ramón 0-10%	Kg. de ramón 10-20%	Kg. de ramón Total
<i>Sierra Mágina</i>	25.330.593	31.912.421	57.243.014

8. COSTES DE APROVECHAMIENTO DE LAS PODAS.

A continuación se muestra de forma resumida los costes medios de extracción que son posibles obtener, para cada uno de los elementos de la poda, utilizando la operatividad indicada en el apartado anterior.

	Ramón Pendiente <10%	Ramón Pendiente >10%	Leña
TRAZADO DE LEÑA			0,70 c€
HILERADO RAMA	0,35 c€	0,35 c€	
ASTILLADO	0,90 c€	1,57 c€	
CARGA DE LA LEÑA			1,95 c€
DESCARGA DEL REMOLQUE	0,05 c€	0,05 c€	0,05 c€
TOTAL	1,30 c€	1,97 c€	2,70 c€

Transporte				
	Tractor descargado	Tractor Cargado	Gasto de combustible	Total
Coste por Km.	0,014 c€	0,019 c€	0,0018 c€	0,0348 c€

Cálculo del radio óptimo de recogida

Para el caso del ramón, la fracción de la poda más fina o astilla, vamos a proceder a calcular el radio de recogida en el que es factible su recogida, considerando que los costes de recogida estén por debajo del precio umbral que una hipotética empresa estaría dispuesta a pagar. Así, dado que el poder calorífico de la astilla es de 3.450 Kcal./Kg. y que expresado termias por kilogramo resultaría de 3,450 te/Kg. y que la empresa está dispuesta a pagar 1,50 ceuros/Kg. (el equivalente a 0,43 ceuros/termia), tenemos que considerar que en zonas de pendiente

superior al 10 % el coste de recogida está por encima de estos 1,5 ceuros por tal razón, descartamos olivares de pendiente superior a es 10% y procedemos a calcular el radio óptimo de recogida considerando solo aquellos olivares de pendiente máxima del 10%.

Radio de recogida= $[1,50\text{ceuros} - 1,30\text{ceuros}]/0,0348 \text{ ceuros} = 5,74712644 \text{ Km.}$

Donde, 0,0348 ceuros es el importe de desplazar un kilogramo de poda por terrenos con pendientes inferiores al 10% y en donde 1,30 es el coste, de recoger un kilogramo de biomasa.

9. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LAS PODAS DEL OLIVAR MEDIANTE GASIFICACIÓN.

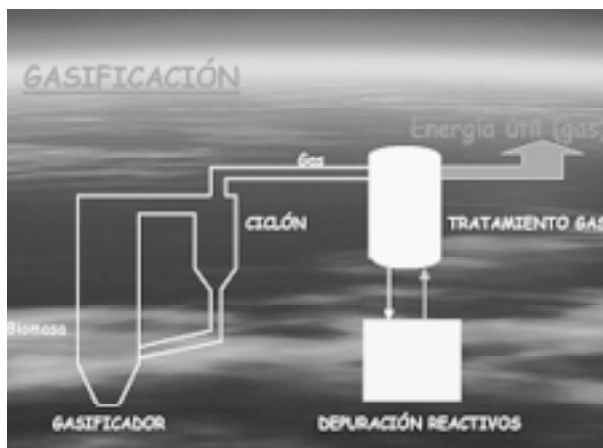
Actualmente las instalaciones de generación eléctrica a partir de biomasa se basan en ciclos de vapor convencionales, presentando bajos rendimientos debido a que no pueden aprovechar las ventajas que conlleva la instalación de plantas de mediana y gran potencia puesto que, el coste de recolección y transporte del combustible, limita la potencia unitaria a instalar en las plantas.

La gasificación es una alternativa prometedora dado que, la generación de electricidad, se realiza a través de un ciclo de gas o un motor de combustión interna, menos dependientes de la escala (pequeñas potencias), que el ciclo de vapor y además con la posibilidad de aprovechar el calor producido para usos térmicos en almazaras u otras plantas industriales cercanas al lugar de ubicación aún a pesar de presentar algunos aspectos problemáticos en torno a la optimización de las condiciones de operación y a la limpieza de gases, aspectos que en parte se relacionan con las características físico-químicas de la biomasa a gasificar.

El proceso de gasificación de la biomasa consiste en someter a la misma a altas temperaturas y mediante un agente gasificante, generalmente aire, convertirla en un gas combustible, rico en hidrogeno, monóxido de carbono, etc.

Dentro de estos procesos de gasificación existen diversos tipos o clasificaciones según el movimiento seguido por el sólido a gasificar y la corriente del agente gasificante. De lecho móvil, el sólido se mueve muy lentamente en el mismo sentido que el gas (down-draft) o en sentido contrario (up-draft). De lecho fluidizado, el sólido se mantiene en suspensión por la acción de la presión del gas, existiendo la posibilidad de realizarse presurizado o a presión atmosférica y recirculando los inquemados (circulante o burbujeante).

El gas pobre resultante puede ser utilizado en turbinas de gas o en motores de combustión interna. Ambos motores térmicos pueden ser acoplados a un gene-



Proceso de Gasificación

rador para la producción de electricidad. Como agente oxidante se emplea el vapor, el oxígeno o el aire. El gas resultante contiene monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrógeno (H), metano (CH₄), alquitrán, agua y pequeñas cantidades de hidrocarburos tales como el etano. Este gas posee un bajo poder calórico, del orden de 4 a 7 MJ/m³; en cambio, si se emplea como agente oxidante el O₂ se pueden alcanzar de 10 a 18 MJ/m³. La tecnología más empleada es, sin embargo, la que utiliza aire como agente oxidante, por razones económicas y tecnológicas

Este proceso de gasificación se produce para unas determinadas condiciones de presión y temperatura. Este biogás tiene la posibilidad de ser usado de la misma manera que utilizamos actualmente el gas procedente de combustibles fósiles, quemándolo inmediatamente en una cámara de combustión, o introduciéndolo en una turbina de gas o un motor de combustión interna.

La utilización posterior de los gases obtenidos puede ser diversa: producción de calor para usos industriales y/o producción de electricidad.

Este proceso en auge, empieza a cobrar importancia por que permite instalar pequeñas plantas modulares (entre 600 kW y varios MW) empleando motores térmicos o turbinas de gas más interesantes que las plantas de gran potencia de mediante turbinas de vapor, de mayor coste, con grandes consumos y dificultades de aprovisionamiento y que además, requieren de elevadas inversiones.

La gasificación es en realidad una combustión incompleta de la biomasa que se origina al someter la misma a una temperatura entre 600° - 1500° C en una atmósfera pobre en oxígeno, en la que la cantidad disponible de este compuesto

está por debajo del punto estequiométrico, es decir, del mínimo necesario para que se produzca la reacción de combustión que se ha descrito anteriormente.

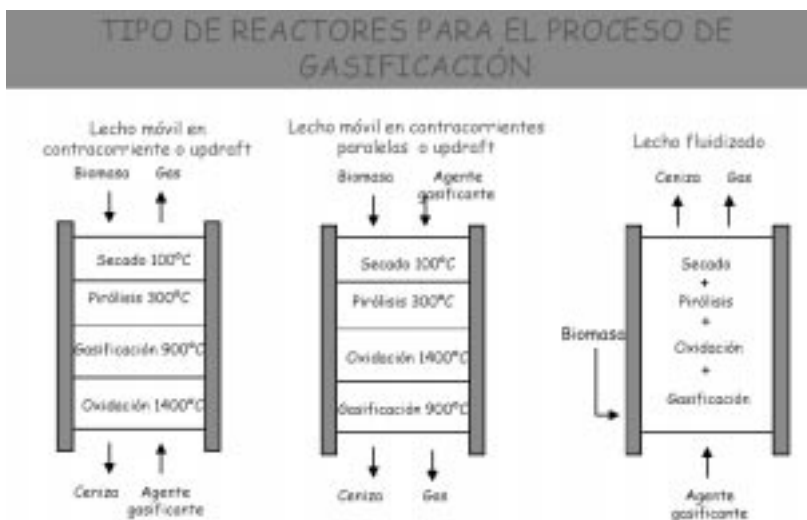
El agente gasificante puede ser tanto aire, oxígeno, aire enriquecido con oxígeno, vapor de agua o hidrógeno, de modo que se obtienen diferentes mezclas de gases que a su vez pueden tener diferentes utilidades.

Los gasificadores habituales son de lecho fijo con corrientes paralelas (aire y gas salen por la parte inferior) o en contracorriente (aire y gas van en sentido inverso). También existen gasificadores de lecho fluido, más caros y sofisticados, pero permiten una optimización del proceso.

Un inconveniente importante es la pureza del gas obtenido, el cual está impregnado de partículas, hollines y alquitranes, que es preciso eliminar para la alimentación a los motores. Para ello se emplean equipos de retención de partículas y lavadoras de gases.

Los tres tipos principales de gasificadores empleados actualmente son:

- downdraft o flujo concurrente
- updraft o flujo ascendente
- lecho fluidizado



Tipos de reactores para el proceso de gasificación.

La selección del tipo de gasificador que se va a emplear depende de la potencia que se desee. Los de lecho fluidizado se utilizan para instalaciones de gran escala, mientras que para pequeñas potencias se prefieren los de flujo concurrente

o downdraft. Otros tipos de reactores son los de lecho fluidizado burbujeante, los de lecho fluidizado circulante, y los de lecho fluidizado presurizados. Otros tipos de reactores son los ciclónicos y los rotatorios, además de diferentes tipos de reactores de cama móvil.

Hasta potencias de 1 MW se recomienda la utilización de gasificadores de flujo concurrente, casi exclusivamente. Este tipo de gasificador es, además, el más sencillo de todos; y para potencias mayores de 10 y hasta alrededor de 50 MW compiten los reactores de tipo updraft y los de lecho fluidizado burbujeante. Para potencias mayores de 100 MW se usan exclusivamente los de lecho fluidizado presurizados.

Plantearemos el diseño de una planta de gasificación de pequeña potencia, en torno a 1 MW, mediante el consumo de restos de poda de olivar y con fines de generación de energía eléctrica que sería vendida a la red eléctrica y energía térmica que podría ser vendida a otras plantas industriales que pudieran requerirla con la finalidad de obtener un mayor aprovechamiento energético y una mayor rentabilidad del proyecto de inversión que habría que acometer.

10. INFLUENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS DE LA PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA PROYECTADA.

Debemos de indicar que la población activa vinculada al sector agrícola es la que muestra unos niveles mayores de desempleo en nuestra provincia, habiendo experimentado un crecimiento en las dos últimas décadas debido -en parte- a la mecanización de algunas labores. En 1998, año en que culminó un proceso lento pero progresivo de disminución del desempleo en la provincia, todavía el 29,82% de la población activa relacionada con esta actividad se encontraba desempleada.

En el campo socioeconómico, la instalación de una planta como la proyectada, de generación de energía eléctrica y/o térmica usando como combustible los ramones procedentes de la poda del olivar, podrá generar un número importante de puestos de trabajo así como el desarrollo de empresas de servicios que gestionarían todo el proceso de recogida, astillado y transporte de las podas.

Estas empresas de servicios funcionarían durante el periodo de recogida que es de 100 a 115 días año y su existencia o no, queda relegada al hecho de la réplica de este tipo de plantas. De cualquiera de las maneras, procedemos a reflejar en la siguiente tabla, la necesidad de personal que se requeriría para efectuar las tareas de recogida de la poda, generalmente efectuadas entre los meses de enero, febrero, marzo y abril.

COMPARATIVA DE RÉGIMEN RETRIBUTIVO

	<u>RD 2818/98</u>	<u>RD 436/2004</u>	<u>RD 436/2004</u>
euros/MWh	a mercado	a tarifa	a mercado
b.6(biomasa primaria)	72,78	67,03	71,16
b.7(biomasa secundaria)	64,20	67,03	71,16
b.8		59,82	63,95

11. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y TÉRMICA.*Producción de energía eléctrica*

La planta de gasificación evaluada tiene una potencia neta instalada de 1,084 MW y un régimen de funcionamiento anual de 8.000 horas, por tanto el total de MWh/año que la planta proyectada produce es de 1,084 MW*8.000 horas/año = 8.672 MWh/año. Como el precio del kWh eléctrico (según tarifa eléctrica media de referencia) y de acuerdo a las directrices establecidas en el RD 1432/2000, tenemos estas dos opciones de venta del MWh,

a mercado 71,16 euros/MWh

a Tarifa 67,03 euros/MWh

por tanto, n° de MWh/año*n° de horas anuales= Ingresos por venta de energía eléctrica que ascenderían a la cantidad de:

$$8.672 \text{ MWh/año} * 71,16 \text{ euros/MWh} = 620.568,32 \text{ euros/año}$$

Producción de energía térmica

La planta de gasificación, tiene un consumo de biomasa de 6.709.501 Kg. / año, teniendo en cuenta el poder calorífico inferior de la misma que es de 3.450 kcal/Kg. tenemos un total de energía térmica expresada en termias por año de: 6.709.501 Kg. /año*3,45 te/Kg.=23.427.228 termias/año y considerando que, la retribución por concepto de venta de energía térmica es de 1,442 ceuros/termia, tendríamos un potencial total de venta (100% de la energía térmica) de :

$$\text{Kg. de biomasa/año} * \text{PCI(Kcal/Kg.)} * 10^{-3} * 1,442 \text{ ceuros/te} =$$

Ingresos por venta de energía térmica

que serán de:

$$0,01442 \text{ euros/te} * 6.709.501 \text{ Kg. /año} * 3,45 \text{ te/Kg.} = 333.790,96 \text{ euros/año}$$

El potencial de ramón en Sierra Mágina para pendientes inferiores al 10% es de 25.330.593 Kg. potencial suficiente para el objetivo que perseguimos.

12. PROPUESTA DE ACTUACIÓN.

En la actualidad las almazaras consumen orujillo, que queman para producir el calor de la planta. El coste medio del orujillo es de 3,6 ceuros/Kg., sería

posible por tanto, la venta de energía térmica de la planta de gasificación para el calor del proceso de las almazaras y, aún así seguiríamos teniendo excedentes térmicos que, podrían ser usados para otros procesos industriales.

COSTE DE EXTRACCIÓN DE PODAS SIN Y CON SUBVENCIÓN POR KG.

	<u>Ramón Pendiente <10%</u>	<u>Ramón Pendiente >10%</u>
Sin subvención	1,30 ceuros	1,97 ceuros
Con subvención	0,47 ceuros	1,14 ceuros

De acuerdo con este planteamiento general y las hipótesis anteriormente detalladas, se podrían considerar distintos escenarios económicos.

Escenario A. Venta de energía eléctrica y sin subvención ni a la inversión ni al combustible (escenario más pesimista)

Escenario B. Venta de energía eléctrica y térmica con subvención a la inversión (más optimista)

Escenario C. Venta de energía eléctrica y térmica sin subvención a la inversión pero con subvención al combustible. Obteniéndose los resultados económico financieros que quedan reflejados en la siguiente tabla.

	Cuadro resumen de Rentabilidad			
	VAN (€)	TIR (%)	RN (%)	IR
Escenario A	794.156,70	4,40	5,62	0,34
Escenario B	3.524.761,83	19,48	20,47	1,51
Escenario C	2.724.611,00	15,28	16,48	1,17

Es significativo que este tipo de plantas si solo venden la energía eléctrica resultan poco rentables. Por tanto, para que el proyecto de inversión resulte interesante tenemos que perseguir que en parte o, la totalidad de la energía térmica generada en la planta sea vendida. Resulta también evidente que, para la localización de la planta, además de ser muy importantes los criterios de minimizar los costes de extracción y de transporte de la poda, también lo es el hecho de que en su entorno existan plantas que requieran de ese calor para sus procesos productivos.

13. CONCLUSIONES.

- Se necesita más información pero sobre todo más implicación de los agentes sociales, poblaciones locales, sectores claves como el agrario y sus organizaciones profesionales. Las iniciativas locales deben in-

tegrarse en el fomento y desarrollo de la biomasa solo así podría lograrse la creación de nuevas agroindustrias de este sector que potenciarían el desarrollo rural.

- Integración de proyectos sobre Agroenergética en los Proyectos de Desarrollo Rural (tipo LEADER o PRODER) como potenciadores de la actividad agraria, en concordancia con las orientaciones de la futura Política Agraria Comunitaria.
- Existencia de discrepancias sobre la consideración para determinados tipos de biomasa de “residuo” o “subproducto”, siendo la diferencia más que significativa, de tal forma que, en ocasiones, se generan distorsiones y se paga por un residuo y se cobra por un subproducto. Incluso se compite por valorizar energéticamente materias que sirven como materia prima para la fabricación de productos de mayor valor añadido o poseen usos alternativos más nobles.
- Las estimaciones de potencialidades y recursos deben pasar de la teoría a la práctica. Partiendo de esas grandes cifras y siendo conscientes de las barreras y límites, hay que concretar los recursos y las aplicaciones pormenorizadamente, considerando su viabilidad y desarrollando instrumentos de planificación.
- El sector empresarial tiene que ser incentivado, contar con marcos reguladores claros, estables y seguros, debiéndose mejorar los actualmente existentes, pero tienen que huir de la tentación de una cierta mentalidad de búsqueda del negocio fácil y sencillo.
- Las energías renovables en general y la biomasa en particular pueden generar un volumen importante de empleo pero este deberá ser estable, seguro y de calidad.
- La rentabilidad de los sistemas asociados a recursos renovables está ligada a las siguientes variables fundamentales, la inversión inicial y la fiabilidad de los sistemas, los costos de operación y mantenimiento y el coste de obtención y acondicionamiento de los recursos biomásicos.
- En la localización de la planta, además de ser muy importantes los criterios de minimizar los costes de extracción y de transporte de la poda, también lo es el hecho de que en su entorno existan plantas industriales, que requieran de energía térmica para sus procesos productivos y de forma permanente, es decir durante todo el año.
- Si consideráramos el olivar de pendiente inferior al 10 % tendríamos 25.330.593 Kg. de ramón y podríamos plantear 3 plantas de 1 MW cada una que en términos de energía supondría 24.000 MWh /año energía eléctrica suficiente para alimentar a unas 6.000 viviendas.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- BAS JIMÉNEZ, F.: Posibilidades de ahorro y diversificación energética en la industria oleícola. *Jornadas Técnico - Empresariales de Ahorro y Diversificación Energética en el Sector Oleícola*, Jaén, Agencia de Gestión Energética de la Provincia de Jaén.
- CIEMAT Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (1996): *La Biomasa: Fuente de Energía y Productos para la Agricultura y la Industria*. Madrid.
- CIVANTOS, L.: Aprovechamiento de ramones y de leña en el olivar, 1981. El sistema energético y las energías renovables en la provincia de Jaén, Observatorio Económico de la Provincia de Jaén, núm. 76, 2003.
- IDAE. Manual de biomasa. Cuadernos de energías renovables, núm. 5., 1996
- JURADO, F.; LOPEZ, A.; OGAYAR, B.: Gasificación de la biomasa: Utilización en los motores y turbinas de gas. *Revista Energía*, 2000.
- MENENDEZ PEREZ, Emilio: *Energías Renovables, sustentabilidad y creación de empleo*. Madrid: Los Libros de la Catarata, 2001.
- SANCHEZ FLORES, F. J.: *Diseño de una red logística óptima para el aprovechamiento energético de los residuos sólidos del cultivo del olivar en la provincia de Jaén*. Jaén, 2002.