



**CONAMA10**  
CONGRESO NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

## **Logística de la biomasa del olivar como fuente energética renovable**

Autor: Eulogio Castro Galiano

Institución: Universidad de Jaén

e-mail: [ecastro@ujaen.es](mailto:ecastro@ujaen.es)

Otros Autores: Emilio Torres Velasco (Unión de Pequeños Agricultores, UPA);  
Francisco Javier Gallego Álvarez (Universidad de Jaén)

## RESUMEN

La utilización efectiva de la biomasa como fuente energética renovable, especialmente la de carácter residual, requiere la superación de una serie de retos de carácter social, ambiental, tecnológico y económico. Uno de los factores limitantes del uso de la biomasa es su disponibilidad en la planta transformadora, es decir, los aspectos logísticos, que incluyen la recogida, pretratamiento y transporte desde el campo de cultivo.

En Andalucía, uno de los residuos agrícolas más importantes en términos cuantitativos es la poda de olivo, que actualmente carece de aplicación práctica, siendo necesaria su eliminación. Como alternativa al procedimiento habitual de incineración en los propios campos de cultivo, es necesaria la extracción económica de la biomasa de los mismos.

En este trabajo se analizan los factores que limitan actualmente la utilización de la biomasa procedente de la poda del olivar desde los puntos de vista técnico y económico, considerando diversos escenarios posibles.

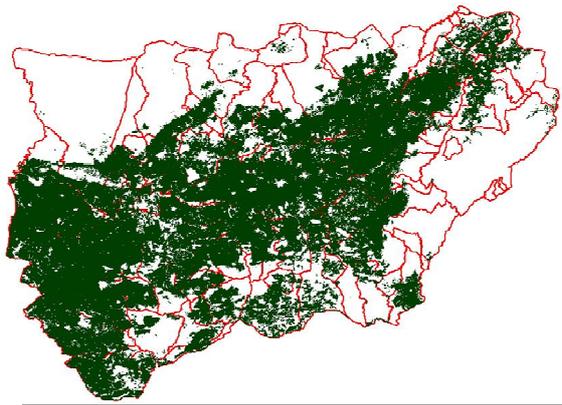
**Palabras Clave:** Energías renovables, biomasa, olivar, poda

## INTRODUCCIÓN

El olivar constituye uno de los cultivos agrícolas más representativos de España y alcanza una especial importancia en Andalucía, con unas dos millones de hectáreas. En la provincia de Jaén, donde se cultivan unas seiscientas mil hectáreas, el olivar es sin duda una de las principales fuentes de riqueza (Figura 1).

El cultivo del olivar origina una gran cantidad de biomasa derivada de la poda de los árboles. Esta operación, realizada habitualmente cada dos años, consiste en la eliminación de las ramas menos productivas, y tiene como objetivo principal mejorar la producción del árbol, a la vez que se facilita la recogida de la cosecha.

La cantidad de biomasa que se obtiene por la poda del olivar depende de numerosos factores, entre los que se pueden citar el porte y edad de los árboles, la producción e incluso las costumbres de poda locales. Se ha estimado que, por término medio, una hectárea de olivos genera unas tres toneladas de biomasa, lo que convierte a este residuo agrícola en uno de los más importantes, en términos cuantitativos, de Andalucía y de España. En la provincia de Jaén, puede estimarse una generación bruta de biomasa de la poda de olivar cercana al millón de toneladas anualmente (Figura 2).



**Figura 1.** Distribución del cultivo del olivar en la provincia de Jaén



**Figura 2.** Campo de olivos podado

En el momento actual, esta biomasa carece de aplicación práctica. Una pequeña parte, constituida por las ramas de mayor calibre, o leña, se separa del resto mediante la operación llamada escamujado, y encuentra aplicación como combustible en domicilios particulares y pequeñas industrias. El resto de la poda debe ser eliminado de los campos de cultivo en un plazo de pocas semanas, para prevenir la aparición de plagas.

Existen dos métodos principales de eliminación: la trituración y esparcimiento, y la quema directa en el campo. El primer procedimiento se justifica por ser un aporte de materia orgánica a los campos; sin embargo, este aporte se ha mostrado poco efectivo y, en algunos casos, inadecuado. La quema directa de la poda (Figura 3) constituye el método de eliminación más usado y, entre las desventajas del mismo, pueden señalarse la emisión incontrolada a la atmósfera de dióxido de carbono o el riesgo de incendios forestales. Sea cual sea el método de eliminación, además de los costes económicos y medioambientales, hay que considerar que se está despreciando una fuente energética de primera magnitud.

Las principales características de este residuo agrícola pueden resumirse en ser una fuente renovable, de bajo coste, carente de aplicaciones y del que hay que desprenderse. Cualquier aplicación distinta de la mera eliminación requiere, no obstante, y como primer paso ineludible, la extracción de la biomasa del campo de cultivo y su puesta en la planta transformadora.



**Figura 3.** La quema de la poda es el procedimiento de eliminación más habitual

La industria del aceite de oliva es productora también de otros residuos o subproductos susceptibles de valorización energética, como el hueso, el orujillo o el orujo, que se encuentran ya localizados en la planta de extracción, por lo que su aprovechamiento presenta unas características diferentes. En este trabajo se describen las principales implicaciones del uso energético de la biomasa derivada de la poda del olivar y, a partir de los resultados de un estudio de campo realizado en el ámbito geográfico de la provincia de Jaén, se proponen diversas consideraciones para el desarrollo de un modelo de gestión de esta biomasa.

## APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA PODA DEL OLIVAR

La utilización energética de la poda del olivar representa una interesante alternativa a la eliminación habitual, que comporta numerosos beneficios en los planos medioambiental, social, tecnológico y económico. No obstante, existen algunas barreras que dificultan esta utilización alternativa, algunas de tipo tecnológico, pero otras relacionadas con la percepción social de las energías renovables o con la distribución de la propiedad. En la Figura 4 se muestra la matriz DAFO aplicada al aprovechamiento energético de la poda del olivar, con especial atención al campo giennense, si bien se considera que los elementos que la componen, en su mayor parte, pueden ser de aplicación general, tanto a otros residuos agrícolas como a otras situaciones geográficas.

Las principales barreras que afectan al aprovechamiento masivo de la poda del olivar como recurso energético renovable, en el momento actual, son de carácter logístico. El proceso de extracción de la biomasa del campo de cultivo y su puesta a disposición en la planta transformadora, sea cual sea el aprovechamiento final a que se destine, necesita ser optimizado.

En primer lugar, es necesario tener en cuenta que este tipo de biomasa se genera en un periodo de tiempo relativamente reducido, de pocas semanas. A la vez, es preciso retirar el residuo de los campos también con rapidez, para prevenir la aparición de plagas en el cultivo. Previamente, es preciso separar la leña, o ramas de mayor calibre, del resto, el ramón, constituido por las ramas más finas y las hojas. Si bien el aprovechamiento de la leña parece ser cada vez menor, todavía es preciso considerar esta operación (escamujado) como parte del proceso. La operación siguiente consiste en el hilerado, o disposición en una línea más o menos regular, en el centro de las hileras de olivos, del ramón, operación que está mecanizada.

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explotaciones pequeñas y dispersas</li> <li>• Estacionalidad del recurso</li> <li>• Necesidad de adaptación de la maquinaria para la recogida</li> <li>• Coste del transporte elevado, en función de la distancia</li> <li>• Necesidad de desarrollo de las tecnologías de conversión</li> <li>• Falta de organización para la explotación de la biomasa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencia de otras biomásas en la provincia más homogéneas y fáciles de usar (forestal, residuos de la madera)</li> <li>• Inmovilismo de los agricultores frente a nuevas prácticas</li> </ul>
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los productores están asociados en cooperativas</li> <li>• Creciente apoyo social a iniciativas sostenibles</li> <li>• Apoyo institucional</li> <li>• Equipos y líneas de investigación en la Universidad de Jaén dedicados al estudio de la poda de olivar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidades energéticas en poblaciones agrícolas</li> <li>• Existencia de aprovechamiento de biomasa forestal (parques naturales)</li> <li>• Posibilidad de utilización de la biomasa mezclada con otros productos valorizables energética o ambientalmente</li> <li>• Posibilidad de utilización en cogeneración, para usos térmicos y producción de electricidad</li> </ul>

**Figura 4.** Matriz DAFO aplicada al aprovechamiento energético de la poda del olivar

La principal etapa, que define la economía del proceso global, consiste en la recogida del ramón desde el suelo, su compactación y envío a un contenedor provisional, antes del transporte por camión. Todo este proceso se realiza mediante una única máquina, cuyo diseño debe aún ser optimizado para alcanzar una alta producción y, por tanto, un umbral de rentabilidad adecuado. El sistema de compactación admite también varias posibilidades, como la trituración o el empaçado, teniendo todas ellas el objetivo de incrementar la densidad del residuo para, finalmente, reducir los costes de transporte.

Otro aspecto importante a destacar, en relación con la tasa de recogida de poda, tiene que ver con la estructura de la propiedad en el campo jiennense, cuya característica principal, en este aspecto, es la de estar constituida por una multitud de explotaciones agrícolas, predominantemente de pequeño tamaño. Esta estructura puede dificultar la realización de las labores agrícolas, en concreto de la poda, de forma secuencial en el espacio, lo que a su vez puede incidir en la rentabilidad del proceso de recogida de poda. Lo deseable sería que la maquinaria adaptada para este fin pudiera trabajar en un amplio sector de terreno, de forma continua. Afortunadamente, los olivereros tienen una amplia experiencia de asociacionismo en cooperativas, por lo que estas estructuras pueden jugar un papel muy importante en el ordenamiento de las labores agrícolas que permitan mejorar los resultados económicos. No obstante, aunque se están dando pasos en este sentido, todavía existen amplias posibilidades de mejora.

En el apartado siguiente se describe una de las principales experiencias de campo que se han realizado en un intento de solventar estas barreras.

#### PROYECTO DE RECOGIDA DE BIOMASA DEL OLIVAR. UNA EXPERIENCIA DE CAMPO

Durante la campaña olivarera 2007-2008 se llevó a cabo la principal experiencia sobre el terreno para la evaluación económica del proceso de recogida de la poda de olivar, y su puesta a disposición en una planta transformadora. El proyecto ha consistido en la realización de trabajos de triturado y recogida de biomasa de poda de olivar, en determinadas explotaciones agrícolas de la provincia de Jaén, utilizando diferentes tipos de maquinaria y evaluando los principales factores que intervienen en la economía del proceso.

El proyecto ha sido ejecutado por UPA-Jaén, los trabajos de triturado y recogida han sido realizados por empresas de servicios agrícolas y bajo la supervisión técnica del Departamento Técnico de UPA-Jaén, con la colaboración del Departamento Agrícola de Azucareras Reunidas de Jaén (ARJ), la Universidad de Jaén y AGENER (Agencia para la Gestión Energética de la provincia de Jaén, Diputación Provincial de Jaén). Las diferentes etapas del proyecto se enumeran en la tabla siguiente:

### Fases de ejecución del proyecto sobre logística de la poda del olivar

- FASE 1. Definición y concreción del proyecto
- FASE 2. Difusión, divulgación y captación de empresas para su participación e implicación
- FASE 3. Selección de empresas de servicios agrícolas para la realización de trabajos
- FASE 4. Selección de explotaciones de olivar donde realizar los trabajos y equipos de trabajo
- FASE 5. Realización de trabajos. Protocolo, ensayos y toma de datos
- FASE 6. Análisis de datos y difusión de resultados
- Conclusiones

Como etapa preliminar, se realizó una jornada de demostración práctica de diferentes equipos de trituración de restos de leñas y ramones, en la que participaron hasta doce equipos de trabajo diferentes. La demostración contó con una alta participación y asistencia de empresas de servicios agrícolas, empresarios agrícolas, empresas de transformación, empresas fabricantes y comercializadores de maquinaria lo que confirmó el interés y expectación del sector por esta nueva actividad y sus posibilidades en nuestra provincia.

En cuanto a la selección de la maquinaria, no todas las máquinas y equipos trituradores disponibles en el mercado eran aptos para los trabajos a realizar, bien por sus características técnicas y/o mecánicas o bien por su falta de adaptación a dichos trabajos. Igualmente, se evaluó la disponibilidad de los equipos en el mercado, coste y su posterior empleo en el proyecto.

De entre los equipos disponibles y para su evaluación técnica y económica se optó por equipos que incorporaban sistemas de alimentación manual y sistemas autoalimentados; otra opción a considerar son equipos que disponen de contenedor propio para alojar la biomasa triturada y aquellos que almacenan la astilla en remolques independientes de la máquina trituradora.

Se tuvieron en cuenta como factores de diseño de los equipos la capacidad de triturado, el diámetro máximo de los troncos a triturar, así como la necesidad de mano de obra a emplear por estos equipos durante la realización de los trabajos.

Por lo que respecta a las explotaciones agrícolas seleccionadas para realizar la recogida de biomasa, estas han correspondido al patrón mayoritario del olivar de la provincia de Jaén, es decir, olivar en su mayoría adulto, en plena fase de producción y de la variedad Picual, estando representadas todas las tipologías de cultivo que aparecen en el olivar de la provincia de Jaén, exceptuando aquel olivar caracterizado por fuertes pendientes y un elevado carácter marginal.

La toma de datos en cada una de las explotaciones agrícolas seleccionadas se realizó mediante una ficha que incluye básicamente los siguientes elementos:

### Elementos de la hoja de “Toma de Datos”

Características de la explotación de olivar  
Equipos de trabajo y medios empleados  
Rendimientos y tiempos de trabajo  
Medios humanos empleados

En cuanto a las consideraciones económicas, el proyecto se ha evaluado teniendo en cuenta los beneficios generados en las diferentes experiencias de recogida de biomasa, como diferencia entre los ingresos por la venta de la biomasa generada y los costes necesarios para disponer de la misma.

Los ingresos se han evaluado en función del precio de la biomasa para fines energéticos que se comercializa en la actualidad, habiéndose adoptado tres escenarios para el precio de la tonelada: pesimista (30 €/tonelada), intermedio (45 €/tonelada) y optimista (60 €/tonelada).

Por su parte, en el capítulo de gastos se han considerado los gastos de personal, combustible, averías y mantenimiento de los equipos empleados, gastos imprevistos y gastos de transporte de la biomasa obtenida.

En cuanto a los gastos de personal, sólo se han considerado aquellos trabajos que precisan del tractorista y un peón auxiliar para la recogida y limpieza de restos, hilerado, trazado,... Este personal se emplea en equipos autoalimentados, pues en el caso de equipos de alimentación manual se precisa de más personal y han sido descartados por encarecer enormemente el proceso. Se estima en 180 €/día.

Para los gastos de combustible, se ha considerado que el equipo medio empleado en los trabajos ha utilizado un tractor con una potencia media de 100-110 CV, con un consumo medio de 10 litros de gasóleo / hora de trabajo, durante diez horas de trabajo y el precio de dicho combustible a la fecha de finalización de los trabajos ha sido de 1,06 euros/litro gasóleo.

GASTOS	
Personal	Tractorista+auxiliar (180 €/día)
Combustible	10 litros/h (106 €/día)
Mantenimiento	60 €/día
Imprevistos	10% ingresos
Transporte	6-9 €/ton, <30 km

Para la evaluación de los gastos de averías y mantenimiento de equipos, dado que la valoración económica de este concepto es imprevisible, se ha adoptado el criterio de

considerar el coste medio de las averías y mantenimiento de las empresas que han desarrollado los trabajos.

Los gastos de transporte de la biomasa obtenida representan un gasto medio que oscila entre los 6 y los 9 euros/tonelada, siempre considerando distancias de transporte igual o inferior a 30 km y optimizando todos los demás factores implicados.

Por último, y en relación a los gastos considerados, no se ha tenido en cuenta en la valoración económica final, el coste de amortización de los equipos de trabajo.

## RESULTADOS

Seguidamente se resumen los resultados obtenidos en la estimación de los ingresos y gastos, teniendo en cuenta los factores considerados, y en función de tres escenarios posibles basados en el precio de la biomasa.

Estos tres escenarios se han calificado como pesimista, intermedio y optimista.

### Escenario pesimista

Precio, €/ton	Producción, ton/h	Ingresos, €/día	Total gastos, €/día	Transporte, 6 €/ton	Transporte, 9 €/ton	Rendimiento Jornada (Tte 6 €/ton), €/día	Rendimiento Jornada (Tte 9 €/ton), €/día
30	10	300	376	60	90	-136	-166
	15	450	391	90	135	-31,60	-76,60
	20	600	400	120	180	-74	-14
	25	750	421	150	225	179	104

### Escenario intermedio

Precio, €/ton	Producción, ton/h	Ingresos, €/día	Total gastos, €/día	Transporte, 6 €/ton	Transporte, 9 €/ton	Rendimiento Jornada (Tte 6 €/ton), €/día	Rendimiento Jornada (Tte 9 €/ton), €/día
40	10	400	386	60	90	-46	-76
	15	600	405	90	135	104	50
	20	800	426	120	180	254	194
	25	1000	446	150	225	404	329

### Escenario optimista

Precio, €/ton	Producción, ton/h	Ingresos, €/día	Total gastos, €/día	Transporte, 6 €/ton	Transporte, 9 €/ton	Rendimiento Jornada (Tte 6 €/ton), €/día	Rendimiento Jornada (Tte 9 €/ton), €/día
50	10	500	360	60	90	44	14
	15	750	385	90	135	239	194
	20	1000	410	120	180	473	374
	25	1250	435	150	225	629	554

### DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA LA BIOMASA PROCEDENTE DE LOS RESTOS DE LA PODA DEL OLIVAR EN LA PROVINCIA DE JAÉN

Como puede deducirse de los resultados expuestos, y tomando como base el precio de compra esperable para la biomasa, así como las estimaciones económicas correspondientes, la recogida de la poda del olivar puede ser rentable, tanto desde el punto de vista del agricultor, como desde el punto de vista de la empresa de servicios agrícolas que se ocupara de los trabajos. Estas circunstancias se resumen en las siguientes tablas.

Para la explotación de olivar, se comparan en términos económicos las dos alternativas posibles: astillado o triturado para la incorporación al suelo como aporte orgánico, frente al astillado o triturado más recogida para aprovechamiento energético. No se contempla el método habitual de eliminación, de quema en los campos, pues se trata de una práctica inviable desde los puntos de vista medioambiental y económico, por lo que está llamada a desaparecer en un horizonte temporal más o menos cercano.

Resultados para la explotación del olivar	
Sistema tradicional (quema de ramones y leña)	No se contempla, por ser una práctica medioambiental y económicamente inviable
Astillado e incorporación al suelo como materia orgánica	Coste de las operaciones: 80-100 €/hectárea
Astillado y recogida para aprovechamiento energético	Coste de las operaciones: 40-50 €/hectárea

Como puede deducirse, el aprovechamiento energético representa una reducción de costes para la explotación agrícola de entre el 40 y el 60%, comparado con la incorporación de la biomasa al suelo.

Desde el punto de vista de la empresa de servicios agrícolas que se ocupe de la recogida de la biomasa, el resultado económico dependerá de las operaciones que realice tanto la propia empresa como la finca, resumiéndose las posibilidades en la tabla siguiente:

Resultados para la empresa de servicios agrícolas		
Sistema de gestión	Ingresos	Influencia en cuenta de resultados
Finca: Escamujado e hilerado Empresa: Trituración y recogida	Venta biomasa	
Finca: ninguna operación Empresa: Escamujado, hilerado, trituración y recogida	Venta biomasa	Negativa
Finca: Escamujado, hilerado y 50% del coste del triturado Empresa: Trituración y recogida	Venta biomasa + pago de la finca	Positiva
Finca: pago de 60-100 €/hectárea Empresa: Escamujado, hilerado, trituración y recogida	Venta biomasa + pago de la finca	Positiva

En resumen, si la empresa de servicios agrícolas asume los costes de escamujado e hilerado, la actividad no resulta rentable para la empresa; para que lo sea, es preciso que la explotación agrícola se haga cargo de los costes de estas operaciones. En el caso de que la explotación pague los servicios a la empresa, en líneas generales, para que el proceso sea rentable económicamente, debería hacerlo a razón de entre 60 y 100 euros/hectárea, o bien participar con el 50% del coste del triturado.

## CONCLUSIONES

La viabilidad del aprovechamiento de la biomasa en el cultivo del olivar requiere una conjunción de intereses por parte de los diferentes actores involucrados. Esto hace necesaria la puesta en marcha de proyectos a medio largo plazo que impliquen alianzas empresariales entre:

- Empresas de servicios agrícolas.
- Cooperativas oleícolas.
- Fincas/explotaciones de olivar.
- Empresa logística de transporte.
- Empresas compradoras de biomasa.
- Administraciones públicas
- Fabricantes de maquinaria y equipos de triturado y recogida de biomasa

Los fabricantes han de hacer un esfuerzo para mejorar y adaptar sus equipos para esta nueva actividad. Los frecuentes problemas de tipo técnicos y fallos mecánicos, que ocasionan averías y paradas inesperadas, incrementan de forma considerable los gastos y disminuyen la productividad y el rendimiento de los equipos de trabajo.

Para el agricultor-propietario de la explotación de olivar, en general, su beneficio vendrá dado por una reducción de costes de gestión de los ramones y leñas de su explotación. Respecto al papel de las cooperativas oleícolas y teniendo en cuenta el desarrollo e implantación de las mismas en la provincia de Jaén y que aglutinan a la mayor parte del olivar de la provincia, deben convertirse en auténticos centros de organización, acopio y/o logísticos, para el desarrollo de futuras plantas de transformación de la biomasa del olivar. Así, sería deseable una adecuada implicación de sus socios en esta actividad y el planteamiento y coordinación de los trabajos de triturado y recogida desde la cooperativa para dar servicios a dichos socios y gestionar los residuos de la poda del olivar, asegurando con ello la necesaria diversificación de la actividad de la misma y los beneficios sociales y económicos que ello conlleva.

En el caso de las empresas de servicios agrícolas que se inicien en esta nueva actividad deben optimizar sus sistemas de gestión, con el objetivo de minimizar costes y maximizar producción. Además, el beneficio directo de esta actividad vendrá dado por el precio de la biomasa + coste de gestión para la explotación de olivar (pago por este sistema de gestión). En este caso, el beneficio y la viabilidad de la actividad están garantizados, tanto desde el punto de vista técnico como económico, si las condiciones de trabajo garantizan unos costes por debajo de los límites definidos.

Además, con el objetivo de impulsar y estimular las Administraciones Públicas competentes han de implicarse de forma activa y ágil para la consolidación de este tipo de actividades y/o proyectos, a través del desarrollo de incentivos, ayudas y subvenciones, del desarrollo de la necesaria normativa que prohíba y/o restrinja progresivamente las quemas de residuos agrícolas procedentes del olivar en función de las características y tipología del mismo, y de la promoción de proyectos de aprovechamiento de la biomasa del olivar.